



Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Seguridad Industrial y Minera

Tesis:
**“Estudio del sistema de ventilación para
el control de agentes químicos y físicos,
U.O. Pallancata – veta Pablo – 2018”**

Ubaldo Cesar Llacho Alhuirca
Armando David Vargas Castro Cuba

Para obtener el título profesional de
Ingeniero de Seguridad Industrial y Minera

Asesor:
Ing. Ana Cecilia Urday Gonzales

Arequipa – Perú
2020

DEDICATORIA

A Dios, ser supremo el cual nos da las fuerzas de voluntad y espiritualidad para llegar a la meta.

A nuestros padres, quienes han sido el soporte y nuestros guías para seguir adelante, a pesar de los obstáculos que se han presentado en el transcurso de nuestras vidas, siempre apoyándonos incondicionalmente en nuestro día a día.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios el cual nos ilumina para seguir adelante con nuestros estudios y brindarnos las fuerzas necesarias para afrontar las diversidades abriéndonos caminos de esperanza.

RESUMEN

El presente trabajo es referido al “Estudio del sistema de ventilación para el control de agentes químicos y físicos, U.O. Pallancata – veta Pablo – 2018”. Fue realizado con el fin de poder estudiar la eficiencia y cumplimiento de la normativa con respecto a la distribución de aire en mina para la eliminación de agentes producidos por la voladura, acarreo de mineral y transporte.

Se tomaron datos sobre las concentraciones de gases nitrosos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno, polvo, temperaturas y velocidad de aire. Estos datos fueron recopilados en los diferentes niveles de explotación de la veta Pablo.

En conclusión, el actual circuito de ventilación de veta Pablo no logra llegar al requerimiento de aire para la eliminación y control de los agentes producto de la extracción minera, así mismo se menciona el cambio de circuito en veta Pablo, con la culminación del RC 04 Pablo que llegaría al 102% de cobertura.

Palabras Claves: CONCENTRACIONES DE GAS, POLVO RESPIRABLE, FLUJO DE AIRE, TEMPERATURA AMBIENTAL Y REQUERIMIENTO DE AIRE.

ABSTRACT

The present work is referred to the “Study of the ventilation system for the control of chemical and physical agents, U.O. Pallancata - Pablo vein - 2018”. It was carried out in order to study the efficiency and compliance with regulations regarding the distribution of air in the mine for the elimination of agents produced by blasting, hauling ore and transport. Data were taken on the concentrations of nitrous gases, carbon monoxide, carbon dioxide, oxygen, dust, temperatures and air velocity. These data were collected at different levels of exploitation of the Pablo vein.

In conclusion, the current vein circuit Pablo does not manage to reach the air requirement for the elimination and control of the agents produced by mining extraction, likewise the change of circuit in veto Pablo is mentioned, with the culmination of RC 04 Pablo that would reach 102% coverage.

Key words: GAS CONCENTRATIONS, BREATHABLE POWDER, AIR FLOW, ROOM TEMPERATURE AND AIR REQUIREMENT.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO 1.....	1
GENERALIDADES	1
1.1. Ubicación y espacio.....	1
1.2. Descripción de la realidad problemática	4
1.2.1. Pregunta principal de investigación.....	5
1.2.2. Preguntas secundarias de investigación	5
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos	6
1.4. Hipótesis.....	6
1.5. Justificación e importancia.....	6
1.6. Alcances y limitaciones.....	7
1.6.1. Alcances	7
1.6.2. Limitaciones.....	8
CAPÍTULO 2.....	9
FUNDAMENTACION TEÓRICA	9
2.1. Bases teóricas	9
2.1.1. Ventilación	9
2.1.2. Tipos de ventilación	10
2.1.3. Ventilación subterránea	12
2.1.4. Requerimiento de aire.....	12
2.1.5. Aire en mina.....	17
2.1.6. Propiedades físicas del aire	18
2.1.7. Psicrometría.....	19
2.1.8. Leyes elementales para el flujo de aire	20
2.1.9. Sistemas de ventilación subterránea	20
2.1.10. Sistema de ventilación auxiliar.....	21
2.1.11. Tipos de ventiladores.....	23
2.1.12. Razones principales para la ventilación	25
2.1.13. Diseño de un sistema de ventilación de minas	25
2.1.14. Circuitos de ventilación en minas.....	28
2.1.15. Parámetros de cálculo utilizados en ventilación	32
2.1.16. Agentes contaminantes físicos y químicos	38
2.1.17. Agentes contaminantes físicos	39
2.1.18. Agentes contaminantes químicos	42
2.1.19. Agentes químicos presentes en las minas: gases y polvos.....	47
2.1.20. Enfermedades producidas por agentes químicos	48
2.2. Marco Legal.....	50
CAPÍTULO 3.....	53
ESTADO DEL ARTE.....	53
3.1. Estado del arte	53
CAPITULO 4.....	66
METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
4.1. Metodología de la investigación.....	66

4.1.1. Método de investigación	66
4.1.2. Técnica de investigación.....	67
4.1.3. Diseño de investigación	67
4.2. Descripción de la investigación.....	67
4.2.1. Estudio de caso	67
4.2.2. Población	67
4.3. Operacionalización de las variables.....	74
4.3.1. Operacionalización de las variables	74
4.3.2. Delimitaciones de la Investigación	75
4.3.3. Plan desarrollado en el estudio	76
CAPITULO 5.....	77
DESARROLLO DE LA TESIS.....	77
5.1. Higiene industrial en Pallancata.....	77
5.1.1. Monitoreos de higiene industrial en Pallancata	77
5.1.2. Ventilación en higiene industrial.....	78
5.2. Levantamiento de ventilación, agentes químicos y físicos	79
5.3. Balance de Ventilación y Cobertura: Setiembre 2018	82
5.3.1. Requerimiento por Personal: setiembre 2018	82
5.3.2. Requerimiento en labores de trabajo por temperatura	84
5.3.3. Requerimiento por equipo con motor petrolero	85
5.3.4. Requerimiento por fugas.....	88
5.3.5. Requerimiento por explosivo.....	89
5.3.7. Requerimiento de caudal total de la operación	91
5.4. Descripción de la ventilación de la veta pablo.....	93
5.4.1 Circuitos de ventilación del mes de setiembre 2018: Zona Pablo:.....	96
5.5. Inventario de ventiladores y cálculo de eficiencia: Zona Pablo	103
5.6. Curva de ventiladores.....	105
5.7. Cálculo de cobertura de la U.O. Pallancata - Ranichico 2017	106
5.8. Cobertura en la Zona Pablo 2019	108
5.9. Situación de la Zona Pablo	109
5.9.1. Situación encontrada en junio del 2018	109
5.9.2. Descripción de la ventilación actual – setiembre 2018	110
5.9.3. Problemática Ventilación Zona Pablo: Plano Unifilar.....	111
5.9.4. Propuesta de Solución 2019 - Plano Unifilar de Ventilación Veta “Pablo”	112
5.9.5. Parámetros actuales de operación.....	114
5.9.6. Parámetros de medio ambiente	115
5.9.7. Determinación del factor “K”	115
5.9.8. Análisis factor “K”	117
5.9.9. Evaluación de agentes químicos.....	117
5.9.10. Análisis de CO por Niveles Veta “Pablo”: Noviembre 2018.....	118
1.1.1 TOTAL.....	118
1.1.2 2	118
1.1.3 0	118
5.9.11. Análisis de CO2, NO2 Y O2 por Niveles Veta “Pablo”: noviembre 2018 ...	123
5.9.12. Evaluación de dosimetría en el personal de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno.....	129
5.9.13. Monitoreo de gases de voladura.....	130
5.9.14. Evaluación de tubos de escape de CO y NO2	132
5.9.15. Polvo partículas respirables.....	135
5.9.16. Límite Máximo Permisible.....	137
5.9.17. Evaluación de Dosimetría de Polvo en el Personal.....	139
5.9.18. Dosimetría de sílice libre cristalino tipo cuarzo	142
5.9.19. Evaluación de agentes físicos, análisis de temperatura por niveles Veta “Pablo”: noviembre 2018.....	144

5.9.20. Análisis de Velocidades por Niveles Zona "Pablo": noviembre 2018.....	149
5.10. Herramientas de gestión para el control de agentes químicos y físicos.	154
5.10.1. Plan de acción: Dosimetría de polvo.....	154
5.10.2. Registro SUNAFIL junio 2018.....	155
CAPITULO 6.....	157
RESULTADOS E INTERPRETACION.....	157
6.1. Cálculo de Eficiencia de la ventilación	157
6.1.1. Balance de ventilación - Setiembre 2018	157
6.1.2. Detección de Fallas y Acciones de Mejora al Sistema de Ventilación Principal Veta Pablo	159
6.2. Medidas correctivas en el sistema de ventilación	166
6.3. Identificación de peligros, evaluación de riesgos y control de riesgos - línea base de salud e higiene.....	167
6.4. Monitoreos realizados de concentraciones de gas en Pablo.....	168
6.5. Tiempo de liberación de labores en Pablo de concentraciones de CO.	169
6.6. Monitoreos realizados de concentraciones de polvo respirable	170
6.6.1 Dosimetría de polvo respirable en puestos de trabajo.....	170
6.6.2 Dosimetría de polvo respirable por niveles de Pablo.....	171
6.7. Aspectos administrativos	171
6.7.1 Presupuesto.....	171
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	173
7.1. Conclusiones.	173
7.2. Recomendaciones	175
ANEXOS.....	177
BIBLIOGRAFIA.....	197

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. Valores límites para gases en minas.	27
TABLA II. Sólidos.....	43
TABLA III. Velocidad de sedimentación (CM/SEG).....	43
TABLA IV. Límite máximo permisible.....	44
TABLA V. Equipos de medición y accesorios.	44
TABLA VI. Velocidad de sedimentación.....	45
TABLA VII. Equipos de medición y accesorios.....	46
TABLA VIII. Clasificación de los gases de mina.....	47
TABLA IX. Operacionalización de variables.....	74
TABLA X. Niveles veta pablo	84
TABLA XI. Parámetros de caudal	85
TABLA XII. Velocidad mínima de ventilación	85
TABLA XIII. Requerimiento de aire por equipo con motor petrolero.....	86
TABLA XIV. Parámetros de fugas permisibles.....	89
TABLA XV. Caudal requerido por consumo de explosivo	90
TABLA XVI. Cálculos de caudal por consumo de explosivo: parámetros.....	90
TABLA XVII. Parámetros de caudal por consumo de explosivo	90
TABLA XVIII. Cobertura u.o. pallancata veta pablo 2018.....	93
TABLA XIX. Inventario de ventiladores y cálculo de eficiencia.....	104
TABLA XX. Requerimiento de aire.....	106
TABLA XXI. CÁLCULO DE COBERTURA DE LA U.M. PALLANCATA.	107
TABLA XXII. COBERTURA U.O. PALLANCATA VETA PABLO 2019	109
TABLA XXIII. Veta pablo: niveles.....	110
TABLA XXIV. Análisis del factor “K”	117
TABLA XXV. Análisis de co nivel 4280 veta Pablo: Noviembre 2018.....	118
TABLA XXVI. Análisis de co nivel 4280 veta Pablo: Noviembre 2018.....	118
TABLA XXVII. Análisis de co nivel 4306 veta Pablo: Noviembre 2018.....	119
TABLA XXVIII. Análisis de co nivel 4322 veta Pablo: Noviembre 2018.....	120
TABLA XXIX. Análisis de co nivel 4338 veta Pablo: Noviembre 2018.....	120
TABLA XXX. Análisis de co nivel 4354 veta Pablo: Noviembre 2018.....	121
TABLA XXXI. Análisis de co nivel 4370 veta Pablo: Noviembre 2018.....	121
TABLA XXXII. Análisis de co nivel 4386 veta Pablo: Noviembre 2018.....	122
TABLA XXXIII. Análisis de co nivel 4402 veta Pablo: Noviembre 2018.....	123
TABLA XXXIV. Análisis de co por niveles zona “Pablo”: Noviembre 2018	123
TABLA XXXV. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4280 veta Pablo: Noviembre 2018.....	123
TABLA XXXVI. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4280 veta Pablo: Noviembre 2018.....	124
TABLA XXXVII. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4306 veta Pablo: Noviembre 2018.....	124
TABLA XXXVIII. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4322veta Pablo: Noviembre 2018.....	125
TABLA XXXIX. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4338 veta Pablo: Noviembre 2018.....	126
TABLA XL. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4354 veta Pablo: Noviembre 2018.....	126
TABLA XLI. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4370 veta Pablo: Noviembre 2018.....	127
TABLA XLII. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4386 veta Pablo: Noviembre 2018.....	128
TABLA XLIII. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4402 Veta Pablo: Noviembre 2018	128
TABLA XLIV. Análisis de CO2, NO2 Y O2 Veta Pablo.....	129
TABLA XLV. Límite máximo permisible de co y no2 en equipos de interior mina.....	133
TABLA XLVI. Análisis de co y no2 en equipos.....	135
TABLA XLVII. Evaluación de agentes químicos dosimetría de polvo.....	136
TABLA XLVIII. Límites máximos permisibles en polvo	137
TABLA XLIX: Evaluación realizada	139

TABLA L. Límites máximos permisibles de partículas respirables.....	139
TABLA LI. Parámetros en la evaluación de dosimetría en polvo (agente químico)	140
TABLA LII. Índice de protección respiratoria	142
TABLA LIII. Metodología de monitoreo – Dosimetría en sílice L.C.	142
TABLA LIV. Límites máximos permisibles en sílice.....	142
TABLA LV. Resultado de monitoreos.....	143
TABLA LVI. Análisis de temperatura nivel 4280 Veta Pablo.....	144
TABLA LVII. Análisis de temperatura nivel 4296 Veta Pablo.....	144
TABLA LVIII. Análisis de temperatura nivel 4306 Veta Pablo.....	145
TABLA LIX. Análisis de temperatura nivel 4322 Veta Pablo.....	146
TABLA LX. Análisis de temperatura nivel 4338 Veta Pablo.....	146
TABLA LXI. Análisis de temperatura nivel 4354 Veta Pablo.....	147
TABLA LXII. Análisis de temperatura nivel 4370 Veta Pablo.....	147
TABLA LXIII. Análisis de temperatura nivel 4386 Veta Pablo: Noviembre 2018.....	148
TABLA LXIV. Análisis de temperatura nivel 4402 Veta Pablo: Noviembre 2018	148
TABLA LXV. Análisis de temperatura global Veta Pablo	149
TABLA LXVI. Análisis de velocidades nivel 4280 Veta Pablo.....	149
TABLA LXVII. Análisis de velocidades nivel 4296 Veta Pablo: Noviembre 2018.....	150
TABLA LXVIII. Análisis de velocidades nivel 4306 Veta Pablo.....	150
TABLA LXIX. Análisis de velocidades nivel 4322 Veta Pablo.....	151
TABLA LXX. Análisis de velocidades nivel 4338 Veta Pablo.....	151
TABLA LXXI. Análisis de velocidades nivel 4354 Veta Pablo.....	152
TABLA LXXII. Análisis de velocidades nivel 4370 Veta Pablo.....	152
TABLA LXXIII. Análisis de velocidades nivel 4386 Veta Pablo.....	153
TABLA LXXIV. Análisis de velocidades nivel 4402 Veta Pablo	154
TABLA LXXV. Resumen de análisis de velocidades	154
TABLA LXXVI. Distribución de requerimientos Q	158
TABLA LXXVII. Matriz de identificación de peligros, evaluación y control de riesgo de salud e higiene industrial- línea base.	167
TABLA LXXVIII. Monitoreo realizados de concentraciones de gas en Pablo.	168
TABLA LXXIX. Monitoreos noviembre realizado en minera ARES.....	169
TABLA LXXX. Tiempo de liberación de labores en pablo de concentraciones de co.	169
TABLA LXXXI. Recursos materiales.	171
TABLA LXXXII. Equipos y accesorios (alquiler)	172
TABLA LXXXIII. Presupuesto general.....	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ubicación y acceso de la U.O. Pallancata.....	2
Fig. 2.Sistema de Ventilación Natural.....	11
Fig. 3. Requerimiento de Aire	13
Fig. 4. Ventilación de Minas.	14
Fig. 5. Sistema de ventilación	15
Fig. 6. Sistema, Aspirante Impelente, Combinado.	22
Fig. 7.Importancia de la ventilación en minas subterráneas.	25
Fig. 8.Unión en serie.	29
Fig. 9.Esquema de Ventilación en Paralelo.....	30
Fig. 10.Sistema de Ventilación en Diagonal.....	31
Fig. 11.Gradientes de Presiones.	36
Fig. 12.Comparación de escalas de Temperatura.....	40
Fig. 13.Representación de la Humedad Relativa	42
Fig. 14.Monitor de Estrés por Calor.	68
Fig. 15.Velocidad del Aire.	69
Fig. 16.Dräger MSI EM 200-s.	70
Fig. 17.Monitor de Aire SKC EPAM-5000.	70
Fig. 18.Bomba de Muestreo XR-5000	71
Fig. 19.Monitor Multigas Ventis™ Pro4.....	71
Fig. 20.Monitor de Gases Múltiples.	72
Fig. 21.Detector de Gases Ventis MX6.....	72
Fig. 22.Mapa de procesos - U.O. Pallancata Veta Pablo.	79
Fig. 23.Mapa de Procesos Ciclo de Minado	80
Fig. 24.Control de Calidad de Procesos.....	81
Fig. 25.Método de áreas de igualdad.	82
Fig. 26.Requerimiento de Caudales.	83
Fig. 27.Requerimiento de Caudales por T° en Labores.	84
Fig. 28.Requerimiento por Fuga.....	88
Fig. 29.Cálculos de Caudal por Consumo de Explosivo.....	89
Fig. 30.Total, Aire Requerido Set. 2018	92
Fig. 31.Requerimiento Global de Aire Set 2018.	92
Fig. 32.Distribución de Requerimientos Set. 2018.	93
Fig. 33.Zona Pablo: NV 4280.....	96
Fig. 34.Zona Pablo: NV 4296.	97
Fig. 35.Zona Pablo: NV 4306.....	98
Fig. 36.Zona Pablo: NV 4322.	98
Fig. 37.Zona Pablo: NV 4338.....	99
Fig. 38.Zona Pablo: NV 4354.....	100
Fig. 39 Zona Pablo: NV 4370.....	101
Fig. 40.Zona Pablo: NV 4386.....	102
Fig. 41.Zona Pablo: NV 4402.....	103
Fig. 42. Curva de Ventilador de 30 KFCM.....	105
Fig. 43.Curva de Ventilador de 50 kfcM	106
Fig. 44. Plano unifilar Ventilación Veta Pablo. Problemática 2018.	111
Fig. 45. Plano unifilar Ventilación Veta Pablo. Propuesta de solución 2019.....	112
Fig. 46. Identificación de Peligro y Evaluación de Riesgos.....	130

Fig. 47.Tj 1904 BA3351 Nv 4338 Monitoreo de Gases de Voladura.	131
Fig. 48.TJ 1839-3 Nv 4410. Monitoreo gases voladura con ventilación	131
Fig. 49.VE 1889 Nv 4370. Monitoreo gases voladura por recirculación en ventilación.	132
Fig. 50.Medición de Gases Combustión en Tubos de Escape (CO NOX).	134
Fig. 51.Medición de Gases de Combustión en Tubos de Escape (CO NOX).	135
Fig. 52. Concentración de Polvo Respirable por Niveles.	138
Fig. 53. Índice de Protección Respiratoria.	141
Fig. 54.Concentración de Polvo Inhalable por Ocupación.	143
Fig. 55.Plan de Acción de Oportunidades de Mejora.	155
Fig. 56.Registro SUNAFIL diciembre 2018	156
Fig. 57.Aire Requerido, Ingreso y Salida de Mina	158
Fig. 58.Requerimiento Global de Aire.	159
Fig. 59.Diagrama de Requerimiento Comparativo en Q.	159
Fig. 60.Requerimiento de Caudales por el Consumo de Madera.	160
Fig. 61.Ventilador de 150 cfm Airtec con Silenciadores Tomocorp.	161
Fig. 62.Instalación Típica de Ventilador de Plataforma.	164
Fig. 63.Detalle de Anclaje de Ventilador.	164
Fig. 64.Instalación Típica de Ventilador Suspendido en el Techo.	165
Fig. 65.Monitoreos Realizados de Concentraciones de Gas en Pablo	169
Fig. 66.Tiempo de Ventilación por Niveles.	170
Fig. 67.Dosimetría de Polvo Partículas Respirables.	170
Fig. 68.Dosimetría de Polvo Partículas Respirables.	171

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el índice de accidentes por intoxicación de gases en la minería subterránea sigue acarreando muertes; con respecto a la exposición a polvo y temperaturas extremas en minería subterránea es muy elevada a pesar de los controles implementados en distintas mineras. La responsabilidad de las mineras es asegurar el bienestar de la población afectada y de su propio personal, es de allí, donde se rescata la importancia de crear un área de higiene industrial y salud ocupacional. De acuerdo al DS-N°024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, donde especifica que toda empresa minera deberá controlar todo aquel agente capaz de causar daño a sus colaboradores. Así mismo toda mina subterránea requiere contar que con un área que evalúe los agentes químicos y físicos muy relacionado al circuito de ventilación del aire ya sea ventilación natural o ventilación artificial y/o mecánica, de tal manera que controlen aquellos agentes capaces de producir daño inmediato o posteriormente. El objetivo del estudio en la Unidad Operativa Pallancata, veta Pablo, es estudiar el circuito de ventilación adecuado para disipar y eliminar los agentes presentes dentro de las labores y si esta cuenta con condiciones ambientales apropiadas de acuerdo

al estándar, generando condiciones seguras y controles de aquellos riesgos químicos y físicos, para realizar un buen trabajo evitando accidentes e incidentes al personal.

La evaluación y optimización por las indicaciones dadas se ha estructurado el contenido del trabajo en la siguiente forma: primero las generalidades relacionadas con la descripción de los objetivos, realidad problemática e hipótesis sobre en cuanto a la forma en cómo se lleva a cabo la ventilación y el control de los agentes químicos y físicos. – Unidad Operativa Pallancata veta Pablo; segundo el Marco Teórico, consiste en las bases teóricas referidos a la ventilación, diagnósticos de circuitos de ventilación; en cuanto al aire fresco y aire contaminado, señalando los tipos de ventilación a utilizar en la optimización del circuito de ventilación, tipos de ventiladores, requerimiento de aire por la cantidad del personal y cantidad de equipos, la descripción de los agentes químicos y físicos relacionados a la operación de la extracción de los minerales; tercero el estado del arte, donde tomaremos distintos autores con respecto al tema a desarrollar, tanto temas de ventilación, exposición y control de agentes químicos y físicos; cuarto Metodología y desarrollo de la investigación del Plan de Actividades y Calendario, donde se establece el tiempo y cronograma de actividades que permitirán realizar el trabajo de investigación; cuarto los indicadores del logro de los objetivos, donde se busca determinar los beneficios a través de este estudio. Para la ejecución del presente trabajo se planificó realizando trabajos de campo (monitoreo de agentes químicos y físicos en la Compañía Minera Ares S.A.C. – Unidad Pallancata) y gabinete, así mismo se describe los instrumentos de muestreo utilizados.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. Ubicación y espacio

La Compañía Minera Ares S.A.C. – Unidad Operativa Pallancata, está ubicada en el departamento de Ayacucho, provincia de Paucartambo, distrito de coronel Castañeda. A 520 km al sur de la ciudad de Lima, a 180 km al suroeste de Cuzco y 240 km al noroeste de Arequipa, a una altitud promedio de 4500 m.s.n.m.

Situada en la sierra sur del Perú, en la región de Ayacucho, cuenta con dos rutas de acceso:

- Lima – Ayacucho – Chalhuanca – Pallancata.
- Lima – Arequipa – Izcahuaca – Pallancata.

Fig. 1. Ubicación y acceso de la U.O. Pallancata.



Fuente: Compañía Minera Ares SAC

➤ **Operaciones y procesos**

Hochschild Mining PLC tiene seis operaciones mineras distribuidas en Perú, Argentina y México:

- **Unidad Minera Ares:** Mina subterránea con vetas epitermales de oro y plata ubicada en el departamento de Arequipa, provincia de Condesuyos, distrito de Cayarani y en la provincia de Castilla en el distrito de Chachas y en Orcopampa. Perú.
- **Unidad Minera Arcata:** Mina subterránea con vetas epitermales de oro y plata ubicada en el departamento de Arequipa: Provincia de La Unión, distrito de Puyca; provincia de Condesuyos, distrito de Cayarani: Provincia de Castilla en el distrito de Orcopampa en el departamento. Perú.
- **Unidad Minera Sipán:** Mina de tajo abierto, la cual está culminándose los trabajos de extracción. Ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de San Miguel, distrito de Llapa. Perú.
- **Unidad Minera Pallancata / Selene:** Es una mina subterránea con vetas epitermales de oro y plata ubicada en el departamento de Ayacucho, provincia

de Parinacochas, distrito de Coronel Castañeda. Perú.

La planta de beneficio de la unidad de Selene, procesa el mineral proveniente de la mina Pallancata ubicada en el departamento de Apurímac, provincia de Aymaraes, distrito de Cotaruse,

- **Unidad Minera San José:** Es una mina subterránea con vetas epitermales de oro y plata situada al noreste del Macizo del Deseado, en la provincia de Santa Cruz, aproximadamente a 100km de la localidad de Perito Moreno. Argentina.
- **Unidad Minera Moris:** Es una mina de vetas epitermales de oro y plata de tajo abierto ubicada en el estado de Chihuahua, municipio de Moris. Estado de, México.

➤ **Geología**

La zona en estudio cuenta con un relieve de moderado a abrupto, con pendientes pronunciadas, están definidas sus elevaciones como contrafuertes de la Cordillera Occidental Andina.

Las formaciones rocosas más antiguas corresponden a la formación Soraya del Jurásico Superior, seguidamente la secuencia de la formación Ferrobamba del Cretáceo, con el Terciario que afloran las rocas volcánicas de las formaciones Alpabamba y Aniso, cubiertas en parte por la formación Saycata, en el Plioceno se deposita el volcánico Sencca, en el Cuaternario Pleistocénico se emplazan las rocas volcánicas domo-lava, la secuencia sedimentaria culmina con los depósitos morrénicos, glaciofluviales y fluviales. Cortando a toda esta secuencia se emplazan los intrusivos y subvolcánicos. Localmente presenta una serie de derrames lávicos pertenecientes al Terciario Superior y que están conformando la unidad litoestratigráfica Alpabamba hacia la parte inferior y la formación Saycata en la parte superior, sobre estos volcánicos se asienta los depósitos morrénicos, glaciales y coluviales, cortando a éstas se emplazan las rocas subvolcánicas riolitas y dacitas. Presenta una serie de fallas definidas e inferidas, cuyas direcciones predominantes

son NO coincidente con la dirección de la tectónica andina, asimismo presenta direcciones NE y E-W coincidentes con la formación de vetas Explorador Pablo, como vetas Yurika Piso y Yaneli. La mineralización de la zona en estudio tiene una conformación por un sistema de vetas minerales, siendo el más resaltante la plata contenido en los sulfuros con presencia de pirita y marcasita, contiene además relleno de cuarzo, y en menores cantidades halos de sericita, illita, esmectita, con alteración propilítica, el oro se encuentra en menor proporción.

1.2. Descripción de la realidad problemática

La Compañía Minera Ares S.A.C. es una empresa minera dedicada a la explotación de oro y plata, cuyas actividades son subterráneas, a 4500 msnm y su profundización llega aproximadamente a 300 metros de profundidad, teniendo labores en niveles inferiores, las cuales generan colchones de aire viciado, polución y temperaturas altas perjudicando las labores del personal operativo.

En el ambiente donde se desenvuelven los trabajadores los riesgos latentes son los agentes químicos y físicos, los cuales son producto de la voladura, acarreo, transporte y otros agentes relacionados a la extracción de los minerales, es por ello resaltar que si no contamos con una buena ventilación esto dificultaría llegar a los parámetros establecidos por la ley para el control de los agentes químicos (gases de voladura, gases de equipos y partículas suspendidas) y físicos (temperatura, velocidad de aire), estas condiciones limitarían a nuestros colaboradores desarrollar con normalidad el proceso productivo ya que al inicio de la actividad se encuentra con concentraciones de CO por encima de los límites máximos permisibles, esperando a que esta se diluya para poder ingresar a sus labores con normalidad esto conllevaría a que nuestros colaboradores sean propensos a padecer enfermedades ocupacionales a corto o largo plazo por generación de ambientes altamente contaminados, ha ello se suma no alcanzar a los estándares establecidos

Por la normativa vigente DS-N°024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería., que tiene como fin preservar la seguridad y salud ocupacional de todos los colaboradores.

Es por ello que son muchas las razones por las cuales se reconoce la importancia de asegurar el buen tratamiento del aire que ingresa a la minera, garantizando la obtención del oxígeno requerido, disipación de los agentes contaminantes, cuidando de la salud y bienestar de los trabajadores, llegando al objetivo principal de la ventilación que es minimizar el esparcimiento de gases tóxicos, partículas de polvo y temperaturas elevadas generadas en la actividad, esta sería la problemática actual de la mina en estudio.

1.2.1. Pregunta principal de investigación

¿Es adecuado el actual Sistema de Ventilación para el control de agentes químicos y físicos en la unidad operativa Pallancata veta Pablo?

1.2.2. Preguntas secundarias de investigación

- ¿Es efectivo el control de peligros de agente químicos y físicos? según DS-N°024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, en la Unidad Operativa Pallancata veta Pablo.
- ¿El sistema de ventilación en veta Pablo cumple con los parámetros establecidos en el anexo 38?, del DS-N°024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
- ¿Qué solución se plantearía en caso que no se cumpla con el control de los agentes químicos y físicos de veta Pablo?

1.3. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el sistema de ventilación en los niveles de explotación de veta Pablo,

para poder determinar si el circuito de aire logra eliminar y controlar los agentes químicos (polvo y gases) y físicos (temperaturas y velocidad de aire) en la unidad operativa Pallancata.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar las mediciones de los agentes químicos (gas nitroso, monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno y polvo) agentes físicos (temperatura y velocidad de aire).
- Realizar un análisis del cumplimiento con la normativa vigente. (DS-N°024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería), con referencia a los agentes químicos (gases y polvo), agentes físicos (temperatura y velocidad de aire).
- Determinar si el sistema de ventilación de veta Pablo cumple con el anexo 38 del DS-N°024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
- Analizar un nuevo circuito integral y balance de ventilación en el RC 04 Pablo, en base a un mapeo del flujo de aire, planos isométricos, unifilares, ingresos y salidas de aire.

1.4. Hipótesis

Con el estudio se demostrará la eficiencia del sistema de ventilación y cumplimiento del D.S. N° 024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, anexo 38, de la unidad operativa Pallancata veta Pablo y que este cumpla con los valores límites máximos permisibles de agentes químicos y físicos de acuerdo a la normativa vigente.

1.5. Justificación e importancia

El presente trabajo de Investigación se ejecutó en La unidad operativa Pallancata,

con el apoyo de diferentes áreas involucradas en el cuidado de la salud y seguridad del personal.

Entre los años 2017 al 2018 en las diferentes unidades de Minera Ares (Arcata, Pallancata y Inmaculada) se produjeron accidentes producto de intoxicación de monóxido de carbono y deficiencia de oxígeno, por este motivo la importancia en el estudio sobre la ventilación para el control de agentes químicos y físicos los cuales fueron realizados dentro de las operaciones de la veta Pablo; se admite en la medida que la ventilación es de gran importancia, para los trabajos de explotación de minerales en socavón, a la cual debemos proporcionar aire limpio y/o natural, de forma similar esta descargara el aire rancio y manchado resultado de la renuncia de las operaciones. Si la ejecución de las tareas no es ideal y se presentan condiciones inadecuadas, ya sea por las altas concentraciones de gases, polvo o elevadas temperaturas en las áreas de trabajo, debería notarse que este tipo de trabajo podría conllevar en problemas a la salud de nuestros colaboradores a corto o largo plazo o repetir eventos no deseados. Viendo además en especial las tareas rutinarias, las cuales existen un alto grado de contraer una enfermedad ocupacional limitando posteriormente aumentar la rentabilidad de la organización.

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances

- a. El presente trabajo abarcó el estudio de la ventilación para el control de agentes químicos y físicos como polvo, gases, temperatura y velocidad de aire en la Unidad Operativa Pallancata, veta Pablo en el año 2018.
- b. El presente estudio es beneficioso porque estudia la situación actual de ventilación de la Unidad Operativa Pallancata, veta Pablo, para posteriormente analizar propuestas de mejora en el control de gas

nitroso, gas monóxido de carbono, gas dióxido de carbono, oxígeno, polvo, temperatura y velocidad de aire, así tener base para futuros proyectos de investigación en ventilación subterránea.

1.6.2. Limitaciones

- a) La unidad minera se reserva el derecho a la confidencialidad de brindar toda la información necesaria para realizar un estudio y análisis del control de agentes químicos y físicos.
- b) Las limitaciones con respecto a la culminación del RC 04 son: limitantes estructurales (tipo de roca), limitaciones legales, limitaciones económicas y permisos de las comunidades aledañas la cual perjudica el buen circuito de aire.
- c) La fidelidad y veracidad de datos, por el cambio constante de los sentidos de aire de tajos y ausencia de personal capacitado para realizar las mediciones de flujo de aire en interior mina.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Ventilación

La ventilación consiste en aquel proceso, el cual tiene como objetivo disipar la concentración de aire en un ambiente con el fin de beneficiar las condiciones laborales, ya que cuando un ambiente no tiene una ventilación adecuada no se llega a tener una producción óptima.

La ventilación también se puede definir como la limpieza del aire para un ambiente laboral con altas concentraciones de gases y humores.

Para la disipación o ventilación en un ambiente de trabajo se diseñan circuitos de ventilación, los cuales se encargarán de conducir el aire concentrado en un lugar de trabajo hacia el exterior.

En los procesos mineros la ventilación también es muy importante ya que cuando la unidad minera tiene configuración subterránea, es necesario la ventilación para la disipación del aire que se encuentra en el área subterránea también llamada socavón.

Por lo general cuando se realiza la exploración en una minera subterránea con

una sola entrada hacia el ambiente de trabajo, la ventilación se realiza con la instalación de tuberías en donde inicia el tramo de exploración y al final del tramo para garantizar un área limpia de trabajo y con una buena ventilación. [1]

Es muy importante la ventilación en las zonas de trabajo en una unidad minera, ya que gracias a los sistemas de ventilación se puede trabajar en un ambiente libre de contaminantes y a la vez protegiendo a los trabajadores de las posibles enfermedades que pueden llegar a contraer en un ambiente de trabajo sin ventilación, es por eso que la zona de trabajo en donde se encuentran los yacimientos mineros deben de tener una adecuada ventilación que cumplan con los límites permisibles y así el trabajador trabaje en un ambiente limpio y seguro.[2]

2.1.2. Tipos de ventilación

La ventilación puede clasificarse básicamente en dos grupos tales como la ventilación natural y la ventilación mecánica, los cuales también pueden combinarse ya que es de gran importancia el área que se desea ventilar porque para utilizar los circuitos o canales de ventilación y hacer que el aire viaje desde el interior del socavón hacia el exterior los circuitos de ventilación trabajaran conjuntamente con un ventilador y un aspirante para poder disipar y eliminar la concentración de aire encontrada.

Para obtener una ventilación eficiente y tener un ambiente de trabajo con óptimas condiciones se debe tener en cuenta los siguientes factores. [3]

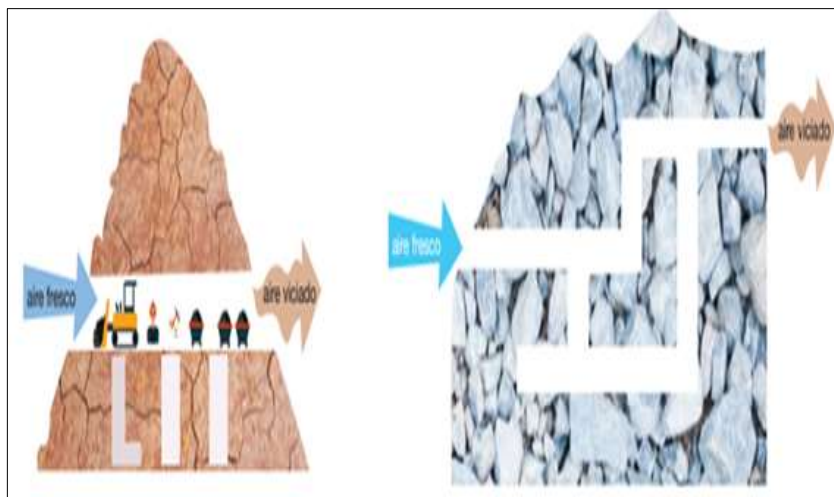
Según el Anexo 38 del D.S. 023-2017 EM. Donde los factores de ventilación son:

- Caudal requerido por el número de trabajadores (QTr)
- Caudal requerido por el consumo de madera (QMa)
- Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe)
- Caudal requerido por equipo con motor petrolero (QEq)
- Caudal requerido por fugas (QFu)

a. Ventilación natural

La ventilación natural es aquel proceso que por lo general no necesita un ventilador, maquina, succionador de aire o un sistema de ventilación para disipar la concentración de aire ya que la ventilación natural se da porque el aire natural y fresco circula de forma libre sin necesidad de impulsarlo por una máquina, esto quiere decir que el aire ingresa al ambiente laboral en forma natural, en caso que la zona de trabajo sea en un lugar donde el acceso del aire sea escaso ocasionara que el ambiente de trabajo sea denso generando factores contaminantes, variación en la presión y temperatura [4] [5].

Fig. 2.Sistema de Ventilación Natural



Fuente: La Positiva Compañía de Seguros (2017).

b. Ventilación mecánica:

El objetivo de este tipo de ventilación es eyectar la concentración de aire contaminado con la ayuda de ventiladores o maquinas succionadoras.

Para la ventilación mecánica se debe tener en cuenta la constancia del caudal del aire ya que de esa forma se evita las posibles interferencias ya sean naturales o alguna alteración en el proceso de ventilación.

Algunas reglas de ventiladores [4]

- La longitud es medida de manera proporcional a la presión necesaria.
- El perímetro es medido en relación a la presión de aire.
- La potencia que se requiere se mide en relación al cubo de la velocidad.
- El cuadrado de la velocidad es medida en relación a la presión necesaria.

2.1.3. Ventilación subterránea

La ventilación subterránea se basa en extraer el aire viciado de mina para que los trabajadores puedan tener un ambiente fresco y así la producción sea óptima. El aire de este ambiente de trabajo será extraído a la superficie y el aire que está en la superficie tendrá que entrar para que los trabajadores se desenvuelvan en un ambiente de trabajo que no ocasione un sofocamiento o recarga de gases. [4]

2.1.4. Requerimiento de aire

Los factores como el número de individuos, cantidad de equipos, variación de la temperatura, cantidad de uso de explosivos y el proceso de explotación, condicionan la cantidad de aire necesaria al interior mina. Por ello es necesario conocer los parámetros operacionales que permiten el requerimiento de aire total.

Fig. 3. Requerimiento de Aire

REQUERIMIENTO DE AIRE VETA PABLO NV. 4402							
1	INGRESOS DE AIRE						
	PUNTO DE MONITOREO				CAUDAL m3/min	CAUDAL CFM	
	CH 4402 / (RP INGRESO A NV 4402 NORTE Y SUR)				1285.63	45,400.94	
	RP 1930				272.92	9,637.78	
	TOTAL DE INGRESO				1,558.55	55,038.72	
2	SALIDAS DE AIRE						
	PUNTO DE MONITOREO				CAUDAL m3/min	CAUDAL CFM	
	RC 4402 / Salida de aire viciado				1486.40	52,490.89	
	TOTAL DE SALIDA				1,486.40	52,490.89	
3	REQUERIMIENTO DE AIRE						
3.1	REQUERIMIENTO DE AIRE POR PERSONAS						
	NRO DE HOMBRES		m3/min		CAUDAL m3/min	CAUDAL CFM	
	5		3		15.00	529.65	
3.2	REQUERIMIENTO DE AIRE POR EQUIPOS DIESEL						
	EQUIPO	CANTIDAD	POT. HP	POT. REAL HP	D.M.	CAUDAL m3/min	CAUDAL CFM
	Scoop R1300G	1	165	165	0.80	316.80	11187.67
	Jumbo Perforadora	1	78	78	0.80	56.16	1983.27
	Volquete	1	400	400	0.80	288.00	10170.60
	TOTAL REQUERIMIENTO POR EQUIPOS DIESEL					660.96	23,341.54
3.3	REQUERIMIENTO DE AIRE POR TEMPERATURA EN LABORES DE TRABAJO						
	V min. (m/min)	(Área /m2)		Niveles Con T > 23°C	CAUDAL m3/min	CAUDAL CFM	
	30			0	0	0	
3.4	REQUERIMIENTO DE AIRE POR CONSUMO DE MADERA						
	Producción en toneladas métricas/ Guardia			Factor de producción	CAUDAL m3/min	CAUDAL CFM	
	0			0	0	0	
	TOTAL DE REQUERIMIENTO DE AIRE EN EL BALANCE				CAUDAL m3/min	CAUDAL CFM	
					675.96	23,871.26	
4	RESULTADOS						
	COBERTURA				230.6 %		

Fuente: Compañía Minera Ares S.A.C.

a. Galerías. Se refieren a los túneles de forma horizontal, estos se llevan en forma paralela según la forma del yacimiento minero.

El objetivo de estas galerías es a través de ellas transportar rocas y minerales, ya que prácticamente constituyen túneles horizontales de acceso. Dentro del trazado de un centro minero, las excavaciones de estas constituyen actividades rutinarias [4], [6].

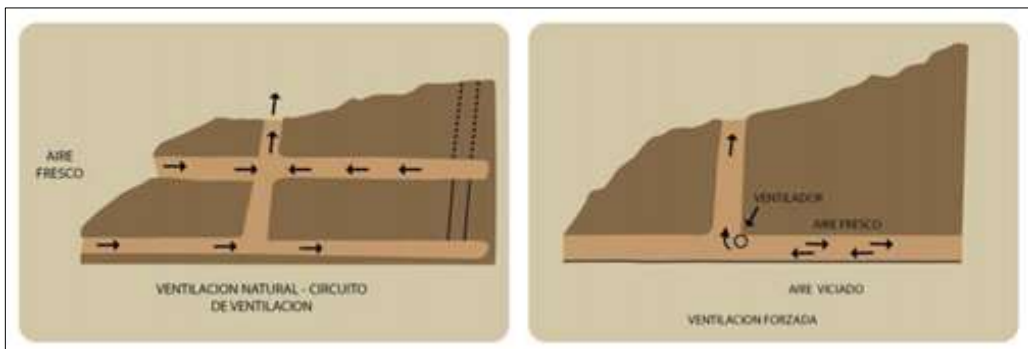
b. Las rampas. Son aquellos accesos principales desde la bocamina hasta llegar a las galerías, por la rampa en el ingreso y salida a todo el yacimiento [7].

c. Subniveles. Son subdivisiones que se presenta según el nivel de la veta que se está explotando o explorando, estos dependen mucho del cuerpo de la veta [4], [7].

d. Tajos. Son los puntos de explotación del mineral, ya que son los puntos donde se encuentran las vetas.

e. Ventilación principal: Es la ventilación que recorre toda la mina para el aprovisionamiento de aire fresco y salida de aire viciado de manera constante. el titular minero debe establecer sistemas de ventilación forzada (instalación de chimeneas, presurizadores y alimentadores de aire externo con ventiladores) o natural (flujos de aire por diferencias de presiones, temperaturas y altitudes de flujo natural) con el fin de mitigar todo aquel agente capaz de causar daño a nuestros trabajadores.

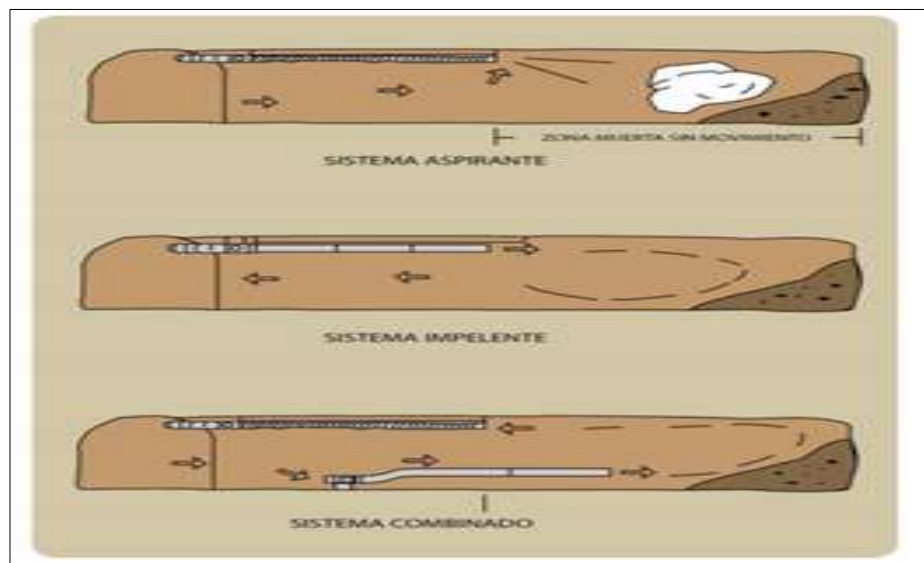
Fig. 4. Ventilación de Minas.



Fuente: Vargas (2015).

f. Ventilación secundaria y auxiliar: Este tipo de ventilación se refiere al uso ventiladores y ductos de aire que se encargan de distribuir el aire limpio a los frentes de trabajo. El objetivo principal es crear un ambiente adecuado de trabajo en los frentes de avance o tajeo de labores. En lo cual se contará con tres tipos de sistemas de ventilación:

Fig. 5. Sistema de ventilación



Fuente: Vargas (2015).

g. Requerimiento de aire en mina subterránea: Los principales factores a tomar en cuenta para caracterizar un sistema de ventilación en un yacimiento minero, son la cantidad y calidad de aire que circulará a través de ella. Los requerimientos de aire dentro de la mina se establecen en base al número de personas, equipos y los niveles que estructuran el yacimiento.

Refiriéndose al tema el DS-N°024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, hace mención en cuanto a la obligación que asume el titular de una mina en cuanto a proveer aire fresco expulsando gases, humos y polvo de las actividades laborales ciñéndose a las necesidades de los trabajadores y equipos. El aire fresco sufre cambios y por consecuencia disminuye el oxígeno por ello la ley contempla e indica en su anexo 038 los parámetros que se deben seguir. [62]

Las descripciones de los siguientes parámetros operacionales establecen el caudal requerido de aire fresco:

- **Requerimiento de aire total (Q_{TO}):**

$$Q_{TO} = Q_{T1} + Q_{FU}$$

Q_{TO} : Caudal total de operación

Q_{T1} : La sumatoria de caudal requerido por:

$$Q_{T1} = Q_{TR} + Q_{MA} + Q_{TE} + Q_{EQ}$$

- **Requerimiento según personal que trabaja (Q_{TR}):** Los objetivos a cumplir con respecto a las personas que laboran es proporcionar 6m³ por minuto para cada individuo, en base a la reestructuración por altitud de 4500 msnm [8].

$$Q_{TR} = f \times N(m^3 / \text{min})$$

- **Requerimiento en base al consumo de madera (Q_{MA})**

$$Q_{MA} = T * U(m^3 / \text{min})$$

- **Requerimiento de acuerdo a la temperatura en las labores de trabajo (Q_{TE}):**

$$Q_{TE} = Vm * A * N(m^3 / \text{min})$$

De acuerdo a escala establecida en el tercer párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento.

- **Requerimiento por equipo con motor petrolero (Q_{EQ})**

$$Q_{EQ} = 3 * HP * Dm * Fu(m / \text{min})$$

- **Requerimiento por fugas (Q_{FU})**

$$Q_{FU} = 15\% * Q_{T1}(m^3 / \text{min})$$

- **Requerimiento por consumo de explosivo (Q_{EX}):** Se manifiesta cuando no se utiliza maquinarias con motor petrolero, entonces en relación al consumo de explosivo debe calcularse el aire requerido.

Siguiendo lo siguiente:

$$Q_{EX} = A * V * N(m^3 / \text{min})$$

- **Requerimiento por el polvo en suspensión:** Este tipo de requerimiento se establece según la normativa la cual nos indica que el valor límite de polvo respirable en la atmósfera de la mina es de 3 miligramos por metro cúbico de aire para una jornada de 8 horas de trabajo. (De acuerdo al Art. 111 del D.S. 024-2016- EM) y que la velocidad del aire no deberá ser menor a los 20 m/min.
- **Requerimiento por diseño de labor:** El requerimiento de uso por labor hace referencia a los circuitos de ventilación que se utilizan ya que se caracterizan porque se conectan entre un extremo y otro para que la corriente de aire se mantenga constante, también se pueden conectar en paralelo donde su principal característica es la independencia de las presiones que hay en cada ramal. [4]

2.1.5. Aire en mina

El aire concentrado en labores mineras se caracteriza por estar compuesto por contaminantes ya conocidos como el Monóxido de Carbono, el Gas Carbónico, Dióxido de Carbono, Gases Nitrosos, Anhídrido Sulfuroso, Polvos de Roca y Radón y minerales radiactivos, así mismo viene consigo humos, hollín, vapores, entre otros. [9]

El aire al ingresar a la mina sufre transformaciones pocas veces manifestadas a grandes expresiones, por tanto en su composición pierde el oxígeno porque a su paso se encuentra con gases, vapores y polvos suspendidos producidas por las operaciones de la mina y también por los seres humanos que se encuentran presentes, por una parte los equipos pesados cuando no reciben el aire limpio y fresco no funcionan con fuerza ni operan eficientemente y en algunos casos se paran por la falta de aire y

por otra parte el oxígeno permite conservar la vida, si faltase aire por un momento el oxígeno no llega al cerebro y este fracasa en múltiples funciones por ende la persona muere. Cuando el aire no sufre una alteración mayor puede ser considerado aire fresco, pero sino es aire viciado. [4]

2.1.6. Propiedades físicas del aire

Se describe los siguientes apartados:

a. Densidad del aire: La densidad es una ocupación de la temperatura de operación, presión barométrica del lugar de instalación, humedad relativa y presión negativa de succión del ventilador. [10]

- La densidad en función de la altura:

$$Da = \frac{348.42 \times (1 - H \times 1.05E - 4)}{(T + 273)}$$

- La densidad en función de la presión barométrica

$$Da = \frac{24 \times P}{(T + 273)}$$

Donde:

Da : Densidad del aire (g/Litro).

P : Presión barométrica (psi).

T : Temperatura (°C).

H : Altura sobre el nivel del mar (m).

b. Peso del aire: El cuál es el producto que existe entre la gravedad y la masa siendo este producto casi despreciable, sin embargo, si se puede determinar un valor al peso del aire ya que si se somete a condiciones de temperatura en 0° y presiones normalizadas se obtendrá un valor. [11]

Por otra parte, el peso del aire puede variar en relación a las temperatura, humedad y presión atmosférica.

c. Calor específico: Al proteger la vida de la planta absorbe radiación

ultravioleta del sol, esta energía acumulada en el aire tiene un gran potencial calórico y se puede aprovechar para generar aire acondicionado y calor de calefacción.

d. Viscosidad: La viscosidad es la propiedad física que tiene un líquido o un fluido que se opone al corte de sus moléculas; la viscosidad en sólidos es la fricción que hay entre dos sólidos en movimiento.

e. Presión: La presión es la relación fuerza – área, esto quiere decir que cuando se ejerce una fuerza en un área definida se tendrá como resultado la presión; en la vida cotidiana se puede notar la presión como el peso atmosférico que existe en cada determinado lugar siendo este variable por la altitud, latitud y temperatura de cada localidad.

f. Temperatura: Es aquella propiedad física o magnitud que tienen los cuerpos, esta magnitud puede dar sensación de frío o calor ya que la temperatura puede ser variable tanto en tiempo y el clima generando así un equilibrio térmico y adecuado para los seres vivos.

g. Humedad del aire: La humedad en el aire hace referencia a la cantidad de H_2O que se puede encontrar en estado gaseoso combinado con el aire; esta sustancia se origina y combina cuando las temperaturas a nivel del mar son elevadas, lo que hace que el agua de los mares, ríos, océanos, etc. pasen por el estado de evaporación. La humedad lo mide un instrumento llamado higrómetro. [9]

2.1.7. Psicrometría

Es el porcentaje de contenido de humedad del aire. Ampliando la definición a términos más técnicos, psicrometría es la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano. [12]

2.1.8. Leyes elementales para el flujo de aire

Se consideran las siguientes: [13]

- La variación de presión del ingreso y salida del aire hace que este fluya de un área a otra.
- Mientras exista una diferencia de presión en el ingreso y evacuación de aire, entonces por lo que el aire circulará desde la alta presión hasta la baja presión.
- A mayor diferencia en la presión presenciada entre dos puntos, mayor cantidad de presión de flujo de aire. ($P \propto Q$ y/o $P \propto Q^2$).
- La merma en la cantidad de flujo de aire es proporcional a cualquier resistencia en la presión.
- La cantidad de aire llega a minimizarse cuando la resistencia se incrementa.

2.1.9. Sistemas de ventilación subterránea

Un circuito o sistema de ventilación es el método o conjunto de elementos empleados para ventilar un área cerrada con la finalidad de extraer ciertas partículas que son tóxicas para el trabajador.

Este apartado hace referencia a la renovación de aire de áreas internas o recintos cerrados inyectando aire a la vez que extrayendo el que está en su interior. La finalidad de emplear un sistema de ventilación es la de limpiar y brindar salubridad a las personas que habitan dicha área y respiran la humedad, las concentraciones de gases o partículas que se suspenden, también, proteger las áreas de patógenos que penetran por medio del aire y luchar contra el humo en caso de un incendio, se colabora con el acondicionamiento térmico del recinto y se procura mantener los niveles adecuados de gases o partículas para que las máquinas y equipos funcionen adecuadamente.[14]

2.1.10. Sistema de ventilación auxiliar

La ventilación auxiliar tiene como fin ventilar áreas de producción o topes ciegos que no pueden ser incluidos a la ventilación principal, este se realiza mediante el uso de ductos y ventiladores auxiliares, a través de este sistema la mina debe emplear circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le provee el sistema de ventilación general.

a. Ventilación impelente

Este tipo de ventilación mediante conductos se ejecuta a través de un ventilador acoplado al conducto logrando la circulación de aire fresco entre el exterior y el frente de trabajo con el fin de remover el humo, polvo, gases hacia la corriente principal. La distancia mínima entre el conducto y el frente de trabajo deberán ser unos 15 metros para que se ejecute de forma óptima la eliminación de los gases y polvos.

b. Ventilación aspirante

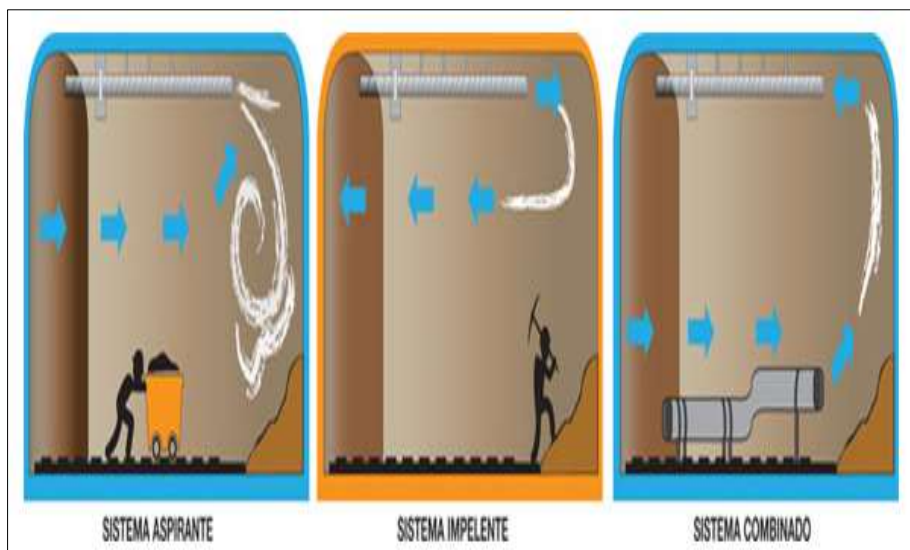
La ventilación aspirante se caracteriza por aspirar los gases, polvos y humos que se ubican en los frentes de trabajo. En este tipo de ventilación se ejecuta a través del recorrido de aire puro hasta llevar al tope donde se mezcla con los distintos gases, polvos y humos que se encuentra en la atmósfera, después mediante un tubo de ventilación, se da succión del aire contaminado, la fuerza de succión se da gracias al acoplamiento de un ventilador en la salida del conducto, por último, el aire viciado es botado hacia el exterior. En conclusión, este ventilador se caracteriza por absorber los contaminantes y direccionarlos mediante un conducto a la galería de salida, luego de este a una chimenea superficial y por último esta bota los contaminantes al exterior. [15]

c. Ventilación impelente con apoyo aspirante o combinado

Este tipo de ventilación por conductos es una combinación entre la

ventilación aspirante y ventilación impelente, se puede dar de forma alternada o simultánea. La ventilación combinada de forma alterna se realiza por medio de dos fases la primera consiste en la succión de todos los humos, gases y polvos que se encuentren cerca del extremo del conducto de ventilación, como segunda fase se realiza la entrada del aire fresco por el mismo conducto de ventilación para lograr el desplazamiento del aire contaminado y purificar la zona que se encuentra entre el frente de trabajo y el extremo del conducto, este proceso se da de forma cíclica hasta lograr toda eliminación de los gases. Otra forma de ventilación combinada es la simultánea que realiza a través de dos conductos uno el cual inyecta aire a la labor y otro que sirve como extractor cerca a la labor para sacar los contaminantes. Esta se caracteriza por realizar una limpieza rápida y eficaz. [16]

Fig. 6. Sistema, Aspirante Impelente, Combinado.



Fuente: La Positiva Compañía de Seguros (2017).

Otros Sistemas de Ventilación, se considera que en la mayoría de los casos se emplean sistemas longitudinales, sistemas transversales y sistemas semi-transversales.

a. Sistema aspirante.

Extrae el aire viciado para posteriormente echar los contaminantes a la superficie mediante chimeneas o ductos.

b. Sistema impelente

Es la inyección de aire dentro de la mina.

c. Sistema combinado

Se precisa como dos ductos de ventilación, cada uno provisto de su ventilador respectivo, el primero extrae el aire contaminado y el otro inyecta aire al frente, en este tipo de sistema se usan los dos sistemas antes mencionados.

Este tipo de sistema de ventilación es el más adecuado para un sistema que cuenta con contaminantes que no deseamos que retornen o se coloquen en otros puntos ya que podría ser perjudicial para el personal (metano, gas sulfhídrico).

2.1.11. Tipos de ventiladores

a. Ventilador centrífugo

El ventilador centrífugo realiza su proceso a través de la entrada del aire por medio de un orificio en forma paralela del equipo el cual es succionado por medio de un rodete y después es expulsado por álabes. Este ventilador está compuesto por un eje con rueda de alabes y una caja espiral.

- **Ventilador con álabes curvados hacia adelante:**

El ventilador con álabes curvados hacia adelante se caracteriza por tener mínimo nivel de ruido y a la vez un bajo rendimiento. Estos presentan un gran número de alabes.

- **Ventilador con álabes curvados hacia atrás:**

El ventilador con álabes curvados hacia atrás tienden a generar un bajo nivel de ruido y además tiene un mayor nivel de rendimiento del anterior.

- **Ventilador con álabes radiales:**

El ventilador con álabes radiales se caracteriza por tener una mayor resistencia por la acumulación de sólidos en la cuchilla, además que proporcionan una mayor facilidad en el momento de la eliminación de depósitos sólidos. [4]

- b. Ventilador axial**

El ventilador axial consta de una hélice que se encuentra encerrado dentro de un envolvente cilíndrico. Estos realizan su proceso mediante el movimiento del aire en dirección paralela al eje sobre el que giran las hélices. [17]

Existen tipos de ventiladores axiales como:

- **Ventilador de hélice:**

El proceso de este tipo de ventilador se da a través de una hélice que se encuentra dentro de un marco de montaje. El movimiento de la corriente de aire se da en dirección paralela a la flecha del ventilador.

- **Ventilador tube-axial:**

En el caso del ventilador tube- axial la hélice se localiza al interior de un tubo con el fin de direccionar el aire y así tener un mayor grado de rendimiento.

- **Ventilador vane-axial:**

El ventilador vane - axial se caracteriza por tener las mismas características el ventilador tube salvo que en este si se pueden agregar veletas en parte superior o inferior del impulso. [18]

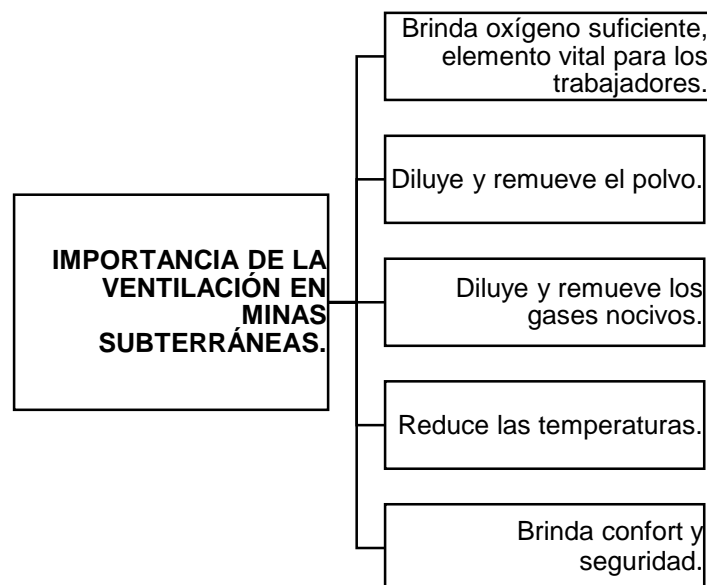
En el presente estudio se instalaron dos equipos de marca TOMOCORP de 150 kcfm cada uno, ventiladores instalados en el RC-04, ventiladores de modelo VAV-66-30-1750-2 con motor de 300 HP. Se instaló este equipo por ser el más adecuado, de acuerdo a la eficiencia y antecedentes de

trabajo anteriores.

2.1.12. Razones principales para la ventilación

Una de las principales razones es el cuidado de la seguridad y salud de nuestros trabajadores, además de que una adecuada ventilación ayuda a diluir los contaminantes y asegura que el aire respirado por los trabajadores no sea perjudicial para su salud [19]. Sirve también para dar cumplimiento con el DS-N°024-2016-EM, modificatoria DS-N°023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.

Fig. 7.Importancia de la ventilación en minas subterráneas.



Fuente: Nieto (2014)

2.1.13. Diseño de un sistema de ventilación de minas

El establecimiento de un diseño de un sistema de ventilación depende esencialmente del volumen de aire fresco que se necesita para un adecuado desarrollo de los procesos en la industria minera. El volumen de aire necesario se establece según los métodos de explotación que se ejecutan, la cantidad de contaminantes que se genera por diferentes procesos que se llevan a cabo y las velocidades críticas de aire. Es decir, las concentraciones de estos diversos factores ayudan a establecer el

tamaño de la inserción y extracción de aire. Actualmente existen simuladores de ventilación como Ventsim, que permiten la determinación de la sección de las vías y extracción del aire, y que potencia tienen los ventiladores.

a. Estándares y regulaciones

En minas subterráneas, cuya base es garantizar una cantidad suficiente de aire en las zonas de trabajo, con el fin de remover polvos y gases contaminantes, producidos por la actividad minera [20]

La importancia de cuidar la vida y salud de nuestros trabajadores se dan de estándares nacionales e internacionales, las cuales regulan y estudian todos estos aspectos relacionados a la seguridad y salud en el trabajo. Los organismos encargados de regular los estándares internacionales son:

- ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
- OSHA: Occupational Safety and Health Administration
- MSHA: Mine Safety and Health Administration.

En el caso de minas subterráneas, es sumamente necesario garantizar la suficiente cantidad de aire limpio y poder mitigar los contaminantes como el polvo, gases y temperatura. [18]

b. Reglas principales

- Para la estructuración del flujo de ventilación de una mina subterránea, las siguientes reglas prevalece ante todas las demás:
- Otorgar a la mina la suficiente cantidad de aire con el fin de mantener una concentración de oxígeno con un rango mayor al 19% de volumen. Generalmente en una mina la disminución de concentración de oxígeno se da por medio del proceso de oxidación de minerales y los equipos diésel [21].

- El aire proporcionado debe cumplir con los estándares adecuados para poder disolver los contaminantes. (Tabla I).
- Los estándares nacionales adoptados deben ser usados más como guías que como una demarcación fija entre concentraciones seguras e inseguras. Es por ello que existen razones dentro una de ellas es la respuesta de cada sustancia y los valores límites. Esto conlleva el adecuado funcionamiento de los requerimientos. Una práctica común es la de establecer un factor de seguridad al estimar los requerimientos de aire [22], [23].

TABLA I. Valores límites para gases en minas.

SUSTANCIA	TLV – TWA ppm	TLV – STEL ppm
Monóxido de Carbono, CO	50	400 – 15min
Dióxido de Carbono	5000	15 000 – 15
Sulfuro de Hidrogeno,	10	20 – 5
Dióxido de Nitrógeno.	2	15 - 5
Dióxido de Sulfuro,	5	20 – 5

Fuente: Hartman (1997).

- El factor de enfriamiento del aire disminuye cuando la velocidad del aire reduce y esta tiende a bajar hasta llegar a su punto de congelación pudiendo ser este un riesgo de salud ocupacional.
- Para un eficiente diseño de ventilación se desarrolla de la siguiente manera:
 - La primera es que se debe identificar los requerimientos de flujo de aire suficiente para que satisfaga las necesidades de las áreas de labores.
 - La segunda la cual comprendería la ubicación, dimensión, y así determinar las propiedades aerodinámicas de conductos de aire, así como también los reguladores utilizados, junto a las puertas de ventilación, así como el análisis de los roles que cumplen los ventiladores naturales la realización del diseño de los planos de ventilación considerando la

casuística eventual que podría suceder tales como la falta de un ventilador, un incendio subterráneo u otras situaciones contradictorias [24].

2.1.14. Circuitos de ventilación en minas

La particularidad de distribuir el caudal del aire de acuerdo al circuito de ventilación elegido depende básicamente de la manera en cómo las galerías están interconectadas. El caudal de aire, como ya se mencionó depende de las combinaciones de galerías; ello puede ser en serie, en paralelo con bifurcaciones, o se puede formar una red usando ambas combinaciones, ello depende de la complejidad de las áreas, así como de los metros cúbicos, de la resistencia y del tipo de material que se use [25], [26].

a. Unión en serie

La forma en que se decide interconectar las galerías dentro de un circuito decidirá la manera como se distribuirá el caudal de aire, por tanto, este apartado implica que las galerías o áreas estén conectadas permanentemente, principalmente porque gracias a esa característica la corriente de aire fluye sin complicaciones ni ramificaciones, es decir, permanece constante. El flujo de aire que atraviesa las galerías debe ser calculada en función de volumen y resistencia, ello es importante porque así se solicita de equipos de ventilación que cumplan con todos los requerimientos necesarios [26].

La ecuación de la resistencia aerodinámica total es igual a la suma de las resistencias parciales y la depresión total será igual a la suma de los parciales [27].

El caudal permanece estable dado que la corriente no tiene ramificaciones, por ello todas las galerías se conectan extremo a extremo.

La ecuación de la resistencia aerodinámica total es igual a la suma de las

resistencias parciales y la depresión total será igual a la suma de los parciales [5].

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n$$

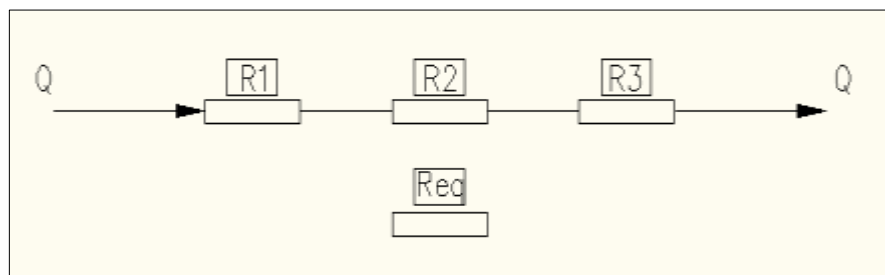
Donde:

Q : Caudal en (ft³/m)

H : Perdida de presión en (in. wáter)

R : Resistencia (in. -min²/ ft⁶)

Fig. 8.Unión en serie.



Fuente: Novistky (1964).

b. Unión en paralelo

Este apartado implica que el flujo de aire se caracterizará por presentar ramificaciones, ya que al no tener una secuencia cuyo orden es inalterable, como en el caso anterior, en este caso las ramificaciones le permiten al flujo de aire viajar por diferentes galerías en paralelo, para finalmente obtener como resultado que los caudales parciales representan el caudal total. Las ramificaciones son las uniones en donde el flujo de aire se

distribuye en varias galerías, gracias a ello la unión en paralelo es abierta, esta unión se caracteriza porque las depresiones de ramales son iguales, además también son iguales en resistencia y cantidad de aire, independientemente del largo de estas. Para que el circuito de ventilación de característica paralela funcione de manera adecuada, es necesario también evaluar la resistencia aerodinámica. [28]

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

$$H = H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n$$

$$\frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_N}}$$

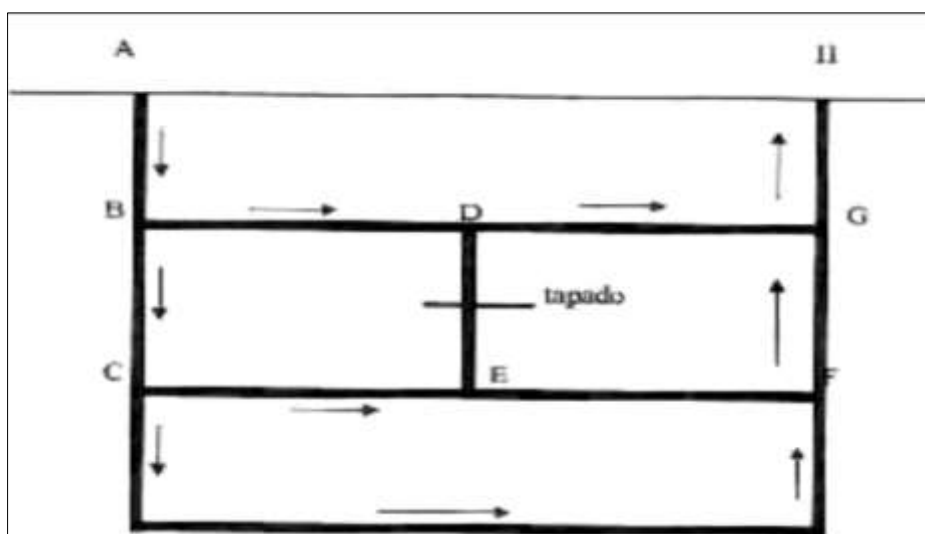
Dónde:

Q : Caudal en (ft³/m)

H : Perdida de presión (in. H₂O)

R : Resistencia (in. -min²/ ft⁶)

Fig. 9. Esquema de Ventilación en Paralelo.

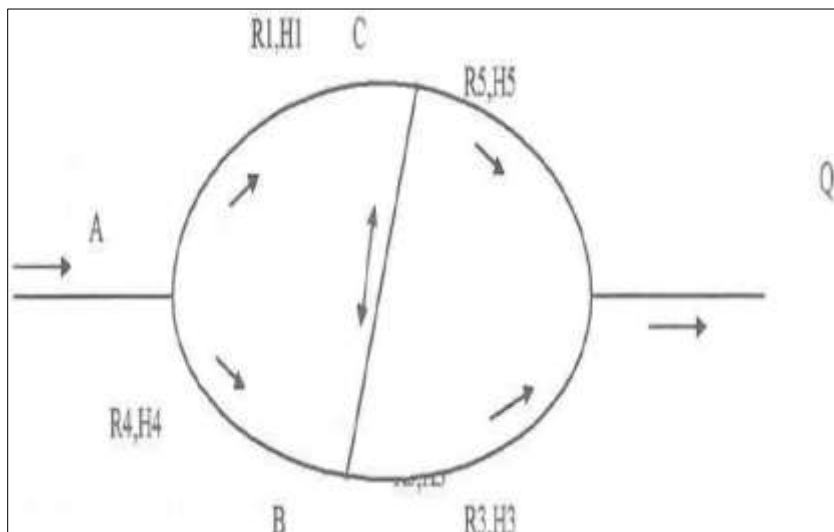


Fuente: Howard y Hartman (1992).

c. Unión diagonal

Se trata de una unión en donde los ramales están entrelazados por labores complementarias a las cuales se denominan diagonales. Es frecuente encontrar en el sector minero estas uniones diagonales. Cuya clasificación es en uniones diagonales, simples, con una sola diagonal y las uniones complejas con dos o más. Es importante conocer que el layout es imprescindible de acuerdo al tipo de material que se explote, por ejemplo, estructuras con el frente escalonado o gradiente hace que el aire no ingrese solo por alguna galería intermedia, también por galerías de nivel interior, ello particularmente en minas cuya atmósfera se caracteriza por contener gas grisú, [29]

Fig. 10. Sistema de Ventilación en Diagonal.



Fuente: Manuel Quevedo (2013).

d. Circuitos complejos

En las ocasiones donde no se pueda resolver la identificación de la conexión entre las galerías o se hace complicado identificar el tipo de circuito seguir, se debe recurrir a otros métodos de cálculo los cuales son más complejos y requieren ayuda de instrumentos e incluso computadoras.

[30]

2.1.15. Parámetros de cálculo utilizados en ventilación

a. Leyes de Kirchhoff

Gustav Kirchhoff (1845), señala que la ley es muy utilizada en ingeniería eléctrica para determinar los valores correspondientes de un circuito eléctrico. Estas surgen de la ley de conservación de la energía estos pueden ser aplicados en la ventilación de minas, donde los caudales de aire y caídas de presión son análogos a la corriente y voltaje correspondientes.

- **Ley de modos o primera ley de kirchhoff**

Esta ley de conservación de la carga eléctrica viene hacer la suma de las corrientes eléctricas que entran a un nodo. Matemáticamente puede ser interpretada como Sumatoria=sumatoria.

- **Ley de mallas o segunda ley de Kirchhoff**

Esta ley hace referencia a la conservación de la energía interpretada matemáticamente como la suma de los aumentos y caídas alrededor de una malla y esta se iguala a cero. Sumatoria-sumatoria =0 [31]

b. Método de Hardy Cross.

Cross en el año 1935, señala que el método de Hardy Cross es aquel procedimiento para determinar caudales circulantes en una red reticulada cuyo diámetro son conocidos, para ello se parte de diámetros supuestos para después comprobar los caudales de servicio.

Esta técnica iterativa considera un flujo de aire Q que pasa a través de un conducto de resistencia R, en el cual se cumpla la relación conducto de resistencia R, en el cual se cumpla la relación.

$$P = RQ^2$$

Donde:

P : Perdida de presión [Pa]

R : Resistencia [Ns²/m⁸]

Q : Cantidad de aire [m³/s]

Para determinar el valor verdadero del flujo Q , el valor Q_a inicial es estimado tal que:

$$Q = Q_a + \Delta Q$$

Dónde:

Delta Q viene a ser el error existente en el Q_a asumido. Donde el problema reside en encontrar el valor delta ΔQ el cual al ser aplicado en el valor asumido de Q_a . Considerando la caracterización real de los conductos de una mina, el valor de esto no se encuentra aislados, sino también integrados a una red de conductos, por lo que la magnitud también depende de la extensión de una red. [32]

c. Ley básica de ventilación de minas

En base a la cantidad de aire existente entre dos puntos, debería existir, una diferencia de presión en dichos puntos, según las leyes del estado de flujo.

En cuanto a la diferencia de presión (P) y la cantidad de flujo de aire (Q). si no existe una diferencia de presión, es poco probable que exista una cantidad de flujo, es decir su $P = 0$, $Q=0$. Mientras mayor sea P , mayor será Q . Para el caso del aire de mina que circula subterráneamente en donde el patrón del flujo es turbulento, la asociación entre las dos cantidades se puede expresar en la ley cuadrática:

$$P = R \cdot Q^2$$

Donde:

P : Presión [Pa]

R : Resistencia [Ns^2/m^8]

Q : Cantidad de aire [m^3/s]

Donde el término R de la ecuación es conocido como la resistencia del conducto de ventilación o del ducto al cual se aplica.

De ser necesario duplicar el volumen de aire que circula a través del conducto de ventilación, la presión que requiere es el cuádruple, es decir 2^2 x la presión original, simultáneamente para triplicar la cantidad requerida, se debe aumentar nueve veces la presión original es decir 3^2 x la presión original. [33]

d. Ecuación de energía total

Para la ecuación de la energía verse figurado en base a la sumatoria de la energía estática, energía de velocidad y la energía potencial:

Al movimiento de un fluido se divide en dos sesiones las cuales producen hasta tres clases de fluido para dar lugar hasta una cuarta, la cual vendría a ser la energía mecánica.

Seguidamente, para dos puntos de un ducto (1 y 2) es representada por:

Energía total = energía total pérdidas de energía.

e. Presiones de una mina

Se debe sumar de forma algebraica todas las presiones componentes y elementos del circuito, las cuales deben ir acorde a los flujos de ventilación y así obtener la magnitud de la presión artificial. La presión de una mina también es denominada presión total y se representa.

$$P_t = P_s + P_v$$

f. Presión estática

La cual se lleva a cabo por el aire que se posiciona en las paredes del ducto y provoca su expansión a través de la fuerza. Se considera como

la cuantía necesaria de energía para vencer las pérdidas en la presión del ducto:

$$P_s = P_p = P_f + P_x$$

g. Presión de velocidad

Cuando las medidas de diámetro del ducto son reducidas será necesario una cantidad de energía para vencer esa variación, ello se ve indicada como la velocidad de aire en la descarga, tal y como se expresa en la fórmula. En términos generales a mayor presión, mayor velocidad del caudal. [28]

$$P_v = \frac{V^2}{2g}$$

h. Pérdidas de presión

La pérdida de presión puede verse abordada por la energía que se produce cuando un fluido está en movimiento, puede ser originado o natural.

P_p : Pérdida de presión.

P_f : Pérdida por fricción.

P_x : Pérdidas por choque.

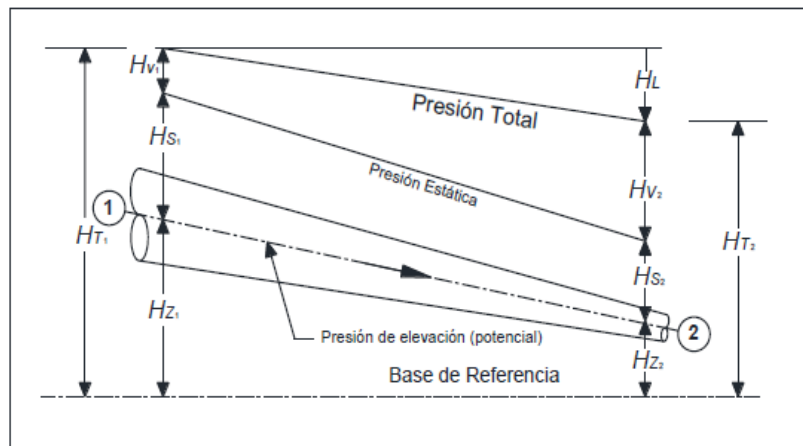
Y están relacionadas en la siguiente relación.

$$P_p = P_f + P_x$$

i. Pérdida de presión por fricción

Este apartado implica evaluar los coeficientes que implican la pérdida de presión por fricción de manera minuciosa, ya que ello en la industria minera implica alrededor del 70%-90% de la presión perdida.

Fig. 11. Gradiente de Presiones.



Fuente: Área de ventilación Minera SOTRAMI S.A.

j. Fórmula de Atkinson

Consiste en la valorización de la resistencia, se consideran algunas particularidades con las que cuenta un conducto de ventilación así por ejemplo si los conductos de entrada y salida son diferentes en tamaños y todos los demás componentes son iguales el aire, circulará con más facilidad. Si el conducto de ventilación es grande y el otro pequeño la resistencia del conducto se verá disminuida.

Para la realización de la fórmula de Atkinson se tiene en cuenta lo siguiente:

$$P = \frac{K \cdot C \cdot L \cdot Q^2}{A^3} \times \frac{w}{1.2}$$

$$P = \frac{K \cdot C \cdot L \cdot V^2}{A} \times \frac{w}{1.2}$$

P : Pérdida de presión (Pa).

C : Perímetro (m).

L : Longitud (m).

A : Área (m²).

Q : Flujo de cantidad (m³/s).

V : Velocidad (m/s).

K : Factor de fricción (Ns^2 / m^4).

w : Densidad del aire (Kg / m^3).

Las dos ecuaciones son correctas puesto que $Q = V \cdot A$

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{y} \quad V^2 = \frac{Q^2}{A^2}$$

En cuanto al termino ($w/1,2$) se ve incluido en la formula porque expresa que los requisitos de presión dependen de la densidad del aire.

Evidentemente será necesario la requisición de mayor presión para hacer circular el aire que pesado de mayo densidad a través del sistema. De hecho, los requisitos de presión son directamente correspondientes con la densidad del aire ($p \propto w$).

k. Factor de fricción

La cuantificación de las áreas o galerías, las variedades de rocas y sinuosidades determinan el valor K o factor de fricción. Consecuentemente el K corregido se deriva de la obtención de una tabla elaborada con los anteriores, ya que el K varía por la densidad del aire del centro minero, es decir, la calidad de esta.

$$K_{(corregido)} = K \left(\frac{w}{1.2} \right)$$

Por otro lado, la ley de J. Atkinson evalúa indicadores que afectan a la presión del aire que va a través del conducto, tales como las dimensiones, morfología, fricción, densidad y velocidad; ello se puede ver plasmado en siguiente fórmula:

$$P = \frac{K \cdot C \cdot L \cdot V^2}{A}$$

Sabiendo que:

$$Q = V \cdot A$$

La fórmula anterior se puede expresar como:

$$P = \frac{K \cdot C \cdot L \cdot Q^2}{A^3} \times \frac{w}{1.2}$$

Los circuitos de ventilación dependen además de los factores antes señalados, del layout de las galerías en general.

I. Pérdida por choque

Se refiere a los diferentes accidentes que puedan ocasionarse dentro de los mismos circuitos, es decir, variaciones de dirección, ingreso o egreso, entre otros, generados a partir de eventos que se perciben en la naturaleza cuando existe flujos de aire, pero en este caso en menor magnitud o menor dimensión.

$$Px = \epsilon \frac{P x V^2}{2}$$

Dónde:

Px : Pérdida por choque (Pa).

P : Densidad del aire (Kg/m^3).

ϵ : Coeficiente de pérdida del elemento.

V : Es la velocidad del aire en el conducto (m/s).

Cabe mencionar que, con la presencia de intersecciones, codos, o gracias a la variación en las dimensiones en los circuitos, también en las bifurcaciones o debido a rejillas de protección es que sucede la pérdida de choques, particularmente en la ventilación auxiliar. [28]

2.1.16. Agentes contaminantes físicos y químicos

Se refiere a todo componente que se infiltra en la calidad del ambiente, esa alteración repercute en todos los entes que interactúan bajo ciertas condiciones naturales y beneficiosas. [35]

La contaminación está catalogada como natural o producida [36]

La clasificación de los contaminantes es básicamente por sus características

físicas y químicas [37]

2.1.17. Agentes contaminantes físicos

Se refiere a la presencia exagerada de intercambio de energía entre individuo y ambiente, es decir, luz, temperatura, ruido, presencia de iones, radiación, vibración, velocidad de aire entre otros. Todo ello se ve relacionado ambiente y todas sus dimensiones [37].

2.1.17.1. Clasificación de los agentes físicos.

La clasificación es la siguiente: [38]

- a) Ruido:** Son ondas que viajan por el aire que particularmente generan una molestia auditiva generalmente desagradable.
- b) Iluminación:** Es de suma importancia la luz con que nuestros colaboradores realizan sus trabajos ya que una condición de trabajo de fina apreciación se requiere la cantidad de luz adecuado (lux).
- c) Vibración:** Las vibraciones se generan particularmente por la exposición de mano, brazo y cuerpo entero a una fuente de conste de oscilación o percusión.
- d) Agentes térmicos.** Son aquellos materiales que están en una temperatura mayor o menor a los límites fisiológicos perjudicando a la salud de los trabajadores.

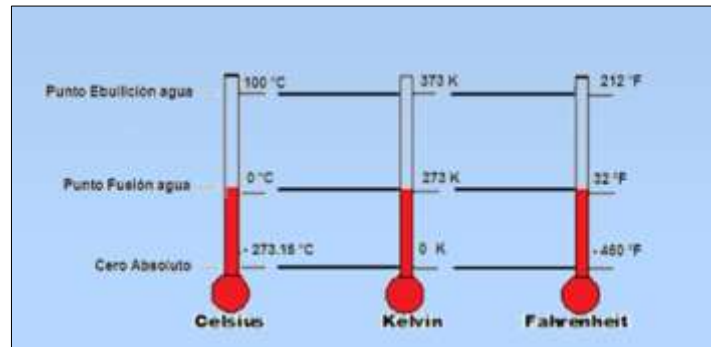
2.1.17.2. Temperatura

Se refiere a la variación en el comportamiento de las moléculas de alguna sustancia o material, debido a la presencia de energía cinética ondulatoria que contribuye al diferente comportamiento de estas. Esa interacción produce cambios físicos, debido a la aceleración o desaceleración de las vibraciones moleculares. [5]

➤ Escalas de medición

Básicamente se refiere a la escala Fahrenheit (F°), estandarizada para EEUU; luego está la escala Celsius (C°), relacionada directamente con el sistema internacional del sistema simétrico y caracterizada principalmente porque el mentor de tal escala establece los puntos de ebullición y fusión.

Fig. 12.Comparación de escalas de Temperatura.



Fuente: Ruiz (2011).

A) Temperaturas altas

- **Calor (estrés térmico)**

Se manifiesta ante la presencia exagerada de frío o calor, es decir, tomando como base los 37°C, se experimenta la variación de temperatura del cuerpo humano en 1°C o más menos 10.

Cuando de un momento a otro la temperatura incrementa causa el golpe de calor, que ocasiona pérdidas de conciencia, fiebre e incluso provoca lesiones cerebrales irreversibles, e inclusive puede llegar hasta la muerte.

B) Temperaturas bajas

Se dice también que, si la temperatura del cuerpo disminuye por debajo de los 34°C (hipotermia), esto puede ocasionar efectos desagradables físicamente. [49]

Los ambientes laborales fríos producen descensos de temperatura

interna, si son exagerados, son manifestados en:

- Hipotermia
- Contracciones musculares
- Congelaciones

C) Humedad relativa

Si existe una relación alta entre aire y agua, es decir la saturación que se manifiesta con la interacción de ambas, en términos generales se refiere a que en ciertas condiciones ambientales exista cierta cantidad de vapor de agua en un metro cúbico de aire.

Para ello se conoce el índice de temperatura humedad, ello expresa la relación que existe entre ambas y del resultado se explica el índice de comodidad o incomodidad. La fórmula se expresa a continuación:

$$T - H = \left[(T_s + Th) * 0.72 \right] + 40$$

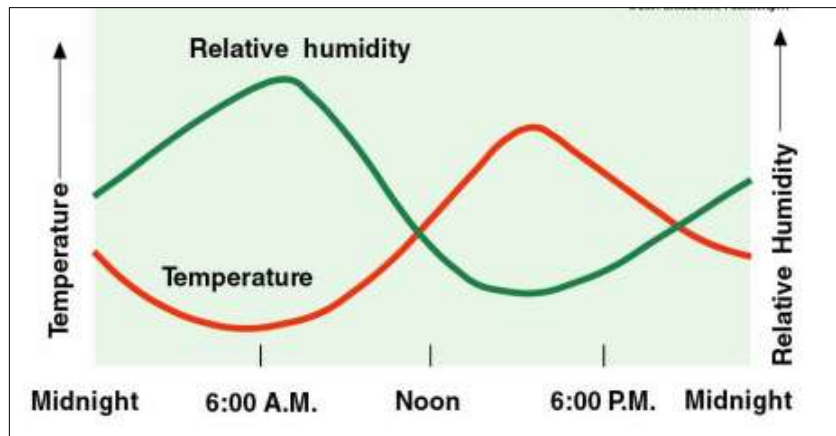
Donde:

T_s :es la temperatura medida en un lugar seco. En nuestro caso sería la temperatura externa o afuera del invernadero.

Th :es la temperatura medida en un lugar húmedo, que en nuestro caso sería una temperatura mínima dentro del invernadero.

0.72 y 40 son constantes preestablecidas.

Fig. 13. Representación de la Humedad Relativa



Fuente: Brooks/Cole Publishing/ITP (2001).

2.1.17.3. Enfermedades producidas por los agentes físicos

Los contaminantes físicos hacen un efecto en el organismo del hombre y como consecuencia se adquieren enfermedades profesionales las cuales varían según agentes físicos, tales como térmicos, ruido, mecánicos, entre otros. Cabe resaltar que se tiene a las enfermedades producidas por altas temperaturas, enfermedades producidas por bajas temperaturas y las enfermedades producidas por la presión atmosférica.

2.1.18. Agentes contaminantes químicos

Se refiere a los contaminantes que ocasionan una alteración en la conformación química del principal afectado. Del mismo modo cabe mencionar que los agentes químicos están conformados por materia inerte, sintética, natural, orgánica e inorgánica. [39]

A. Sólidos

- **Polvos:** Están suspendidos en el aire con tamaño relativamente pequeño, esas partículas pueden infiltrarse con facilidad en el organismo, inclusive depositarse en los alveolos pulmonares y causar daño. Se genera a partir de diferentes actividades, y en todos los sectores productivos; muchas veces no vistas por el ojo humano. [40]
- **Humo:** Se forma de la combustión incompleta, son partículas

macroscópicas como se aprecia en la Tabla II tiene sentido hablar del humo como la “suspensión de un sólido en un gas” en efecto se podrá identificar como material sólido presenciado en el aire.

TABLA II. Sólidos

Medio dispersivo	Fase dispersa	Ejemplo
Líquido	Gas	Espuma
Líquido	Líquido	Emulsiones (leche)
Líquido	Sólido	Casi todos los coloides
Gas	Líquido	Nubes
Gas	Sólido	Humo
Sólido	Sólido	Vidrio Rubí

Fuente: Jesús Biel Gaye – Termodinámica (1998).

Los orígenes de estas materias articuladas son bajo acción primaria, desde su reposo hacia el aire; y secundaria, tiene mayor tamaño y en su deposición llevan consigo más material extraño o no.

La sedimentación de estas es debido a la ausencia de aceleración, sin embargo, aun así, se muestra las diferentes velocidades de pérdida de aceleración en relación al tamaño de estas y sus pesos como factores indispensables a evaluar, detallados en un cuadro a continuación. [41]

TABLA III. Velocidad de sedimentación (CM/SEG)

Diámetro (µm)	Densidad = 1 g/cm ³	Densidad = 2 g/cm ³	Densidad = 2 g/cm ³
100	30	50	120
50	8	16	40
10	0.35	0.7	1.8
5	0.08	0.15	0.45
1	0.003	0.007	0.018

Fuente: Minera Ares. S.A.C.

– Comportamiento de las partículas respirables

Las partículas respirables son aquellas que tiene un tamaño menor a 10

micras y por tanto de gran importancia para evaluación fisiopatológica. Por tanto, el comportamiento de estas depende de todas las propiedades de las partículas y los medios u órganos que interactúan en el proceso, es decir la nariz, la faringe y laringe, el árbol traqueo-bronquial, la región alveolar, cada una como componente importante en el proceso que recorren las partículas al organismo, cada una cumpliendo su función. [39]

Las probabilidades de inhalación de contaminantes varían según las condiciones fisiológicas de la persona.

➤ **Límite máximo permisible**

El límite máximo permisible viene dado por el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minera DS-024-2016-EM - Anexo N° 15.

TABLA IV. Límite máximo permisible.

Metodología Internacional	Agente Químico
NIOSH 0600	Polvo Respirable

Fuente: Minera Ares. S.A.C.

TABLA V. Equipos de medición y accesorios.

Equipos de Medición y Accesorios
<ul style="list-style-type: none"> • Bomba de Muestreo Marca SKC, Modelo: XR-5000 (Rango de flujo 1.0 – 5.0 L/min). • Tren de Muestreo con holder y ciclón (manguera tygon y porta casetes). • Casetes de 03 cuerpos de 37 mm. • Filtro de PVC de 37 mm, con diámetro de poro de 5.0 µm. • Rotámetro de campo (Rango de flujo 1.0 – 5.0 L/min).

Fuente: Minera Ares. S.A.C.

➤ **Polvo y partículas inhalables.**

Aquellas partículas que al cumplir con ciertos requisitos tienen la capacidad de ingresar al cuerpo humano, recibieron expresiones como “polvo total” o “partículas totales”, así mismo estas partículas con características mucho más exquisitas que llegan hasta los alveolos pulmonares, reciben la denominación de “respirables”. [40]

Por otro lado, también se conoce la denominación “fracción inhalable”, esto se refiere a que cierta fracción llega hasta cierta parte del tracto respiratorio, estas partículas no tienen un tamaño mayor a 100 micrones y se caracterizan por depender de la velocidad y dirección del aire. [41]

TABLA VI. Velocidad de sedimentación.

Diámetro (μm)	Densidad = 1 g/ cm^3	Densidad = 2 g/ cm^3	Densidad = 3 g/ cm^3
100	30	50	120
50	8	16	40
10	0.35	0.7	1.8
5	0.08	0.15	0.45
1	0.003	0.007	0.018

Fuente: Minera Ares. S.A.C.

➤ **Límite máximo permisible**

Del mismo modo, está reglamentado por la misma entidad que se describió en los límites mínimo permisibles. Ello hace referencia a que se usa recursos necesarios para el monitoreo y control del polvo en el ambiente que se inhala, eso debido a evitar problemas con los filtros, es decir, saturación de estos.

TABLA VII. Equipos de medición y accesorios.

Equipos de Medición y Accesorios
<ul style="list-style-type: none">• Bomba de muestreo marca SKC, Modelo: XR_5000 (rango de flujo 1.0 – 5.0 L/min).• Tren de muestreo con Holder (Manguera tygon y porta casetes).• Casetes de 03 cuerpos de 37 mm.• Filtro de PVC de 37 mm, con diámetro de poro de 5.0 μm.• Rotámetro de campo (rango de flujo 1.0 – 5.0 L/min).

Fuente: Minera Ares. S.A.C.

B. Líquidos

Dentro de este apartado se puede encontrar a elementos como la Niebla; ya que son gotas de agua esparcidas en el aire y pueden ser visibles; la bruma, se da a partir de la concertación del estado gaseoso; el smog, como resultado de humo y bruma; los aerosoles, en ambientes con probabilidades de combustión se esparcen partículas sólidas y líquidas. [41]

c. Gaseosos

Este grupo está conformado por gas, gases específicos emitidos por industrias mineras ya sea asfixiantes, tóxicos y explosivos; gases asfixiantes, merma el nivel de oxígeno porque acaparan espacio en la atmósfera; gases tóxicos; gases explosivos: tienen efectos perniciosos y que al combinarse con el aire y ante la presencia de una chispa generaría una explosión propiamente dicha. [39].

TABLA VIII. Clasificación de los gases de mina.

IRRITANTES, ASFIXIANTES:	<ul style="list-style-type: none">• Monóxido de Carbono CO.• Hidrogeno Sulfurado H₂S.• Humos Nitrosos NO₂.• Anhídrido Nitrosos SO₂.
SOFOCANTES.	<ul style="list-style-type: none">• Nitrógeno N.• Anhídrido Carbónico CO₂.• Acetileno HC.• Metano CH₄.
EXPLOSIVOS INFLAMABLES.	<ul style="list-style-type: none">• Metano CH₄.• Monóxido de Carbono CO.• Hidrogeno Sulfurado H₂S.• Acetileno

Fuente: Gran Minería (2013).

2.1.19. Agentes químicos presentes en las minas: gases y polvos

A. Gases

1. Nitrógeno (N₂)

Se origina por el desprendimiento partes de rocas y por ausencia de oxígeno en el aire. Es común encontrar nitrógeno congestionado en las chimeneas, como consecuencia de gases tóxicos de menos densidad. Por otro lado, también puede encontrarse en forma de amoníaco, o lugares poco ventilados.

- **Efectos fisiológicos (N):**

- Merma la presión del oxígeno en los pulmones. [42]

2. Oxígeno (O₂)

La deficiencia de oxígeno puede generarse por oxidación de minerales orgánicos o consumo de ello, o simplemente por la mezcla con otros.

3. Anhídrido carbónico (CO₂)

Se manifiesta en el proceso de putrefacción de la madera, descomposición

de rocas carbonatadas como consecuencia de interacción de aguas ácidas, explosivos o combustión. Ante la disminución de ventilación es probable que ocurran accidentes nefastos. [43]

4. Monóxido de carbono (CO)

De característica venenosa, sin color, olor ni sabor, se le conoce comúnmente debido a que es la causa de muerte del 90% de trabajadores mineros, ya que prácticamente es imposible de notarlo sin equipos de detección. [39]

5. Óxidos de nitrógeno (NOx)

Su toxicidad es engañosa, ya que puede que después de algunos días de intoxicación previa la víctima pueda morir. La toxicidad afecta todo el aparato respiratorio, y al reaccionar con agua genera ácido nítrico y nitroso. [40]

Del mismo modo se puede seguir describiendo una larga lista de tóxicos, como el Anhídrido sulfuroso (SO₂) y el Ácido sulfhídrico (H₂S) [41] [42].

2.1.20. Enfermedades producidas por agentes químicos

Las enfermedades laborales se ven ocasionadas por diferentes factores, sin embargo, una de las más comunes es por la exposición a productos químicos tóxicos. Ello puede generar grandes repercusiones en la salud. La clasificación puede ser por exposición a polvos, compuestos orgánicos e inorgánicos.

a. Enfermedades producidas por polvos

Son consideradas como enfermedades profesionales y generalmente conocidas como neumoconiosis, sin embargo, existen enfermedades respiratorias consideradas comunes que se han originado a exposición a polvo en ambientes laborales. Cabe recalcar que no existen polvos inocuos, ya que la exposición a ello es riesgosa. Sin embargo, si se van a presentar diferentes enfermedades de acuerdo a la composición del polvo, inclusive

se puede diagnosticar enfermedades sin conocer el tipo de polvo. [40]

El riesgo de enfermedades se evalúa en el polvo respirable, ya que ello desemboca en los alveolos pulmonares. El tamaño de las partículas puede tener la siguiente clasificación, es decir, es mayor a 50 micras, entre 10 y 50 micras, y menor a 5 micras, en estos casos; no se inhala, se queda retenido en la garganta y sentido del olfato, o llega a los alveolos, respectivamente. Por ello es necesario evitar la difusión del polvo, ya sea con ventilación natural, aspiración localizada, entre otros. Consecuentemente los efectos perniciosos del polvo son:

- Neumoconiosis.
- Alergias.
- Bisinosis.
- Infecciones respiratorias.
- Intoxicaciones.
- Tipos de cáncer nasal y pulmonar.
- Irritaciones.

b. Enfermedades producidas por compuestos orgánicos:

La enfermedad con mayor tasa de incidencia es el benzolismo. Al ser un vapor, esta se infiltra fácilmente al interior del cuerpo humano. Las consecuencias son intoxicación, deficiencia de glóbulos rojos, hemorragias o finalmente la muerte, ello debido a que el principal afectado en el cuerpo humano es la médula ósea y el cerebro. En ambientes de trabajo, generalmente se observa el benceno por sus propiedades de disolvente, sin embargo, por su incorrecta manipulación se ha convertido en el compuesto orgánico con mayores repercusiones en la salud, así como el tolueno y el tricloroetileno. [51]

c. Enfermedades producidas por compuestos inorgánicos:

Los males que perjudican la salud en este apartado son producidos por plomo, mercurio, cromo, fósforo y arsénico generalmente, es decir; metales, metaloides y sus compuestos, ya que el proceso con el cual son tratados genera tarde o temprano efectos nocivos en el cuerpo humano. Por ejemplo, el hecho de que el plomo trabaje como tóxico, de manera sencilla o compleja ha dado como consecuencia la enfermedad llamada “Saturnismo”, este compuesto dañino y perjudicial para los colaboradores es parte de una larga lista de agentes químicos que manipulados de manera incorrecta terminan siendo malos, en síntesis, son cerca de 43 compuestos inorgánicos. [48]

1.8. Marco Legal

Al respecto del trabajo desarrollado en el sector minero las siguientes leyes amparan la empleabilidad del sistema de ventilación.

- a. Para la Organización Mundial de la Salud (OMS),** la realización de las actividades mineras en el mundo, son responsables del 8% de accidentes laborales, dicho trabajo se desarrolla en centro urbanos alejados y los factores adversos a los que se expone una persona pueden dañar su salud [52]
- b. Constitución política del Perú, capítulo I “Derechos Fundamentales de la Persona “, artículo N°7,9 y 59°,** donde se hace referencia a los derechos en la protección en la salud y el medio ambiente, cabe resaltar la responsabilidad que posee el estado en la resolución de problemas en caso se infrinja este derecho. [53]
- c. Código Civil en la sexta sección sobre la Responsabilidad por riesgo, 1970°:** Donde se diferencia a las personas expuestas a riesgo en las actividades mineras, identificando los riesgos e incidentes a los que se ven

sometidos [55]

- d. **Código Penal, tipificación de los delitos de libertad de trabajo:** Donde se señala que aquella persona que obliga a otra a realizar determinadas labores expuestas a riesgo incumpliendo con las condiciones óptimas para el trabajo, amerita la aplicación de una pena o sanción. [56]
- e. **Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su modificatoria, Ley N° 30222:** Donde se señala la correcta forma de llevar a cabo acciones dirigidas a la protección de la salud y seguridad en especial en trabajadores operación de mina, mejorando las condiciones y reduciendo la informalidad. [57]
- f. **Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo Decreto Supremo N° 005-2012-TR y Salud en el Trabajo y su modificatoria, D.S. N° 006 – 2014 – TR:** Se realiza dicha modificación con el objetivo de inculcar una cultura de protección y prevención de riesgos en las actividades mineras, donde se hace énfasis en la observación del deber que tiene los trabajadores, los cuales se encuentran sometidos al peligro diariamente. [58]
- g. **Reglamento de Prevención y Control del Cáncer Profesional D.S N° 039-93-PCM:** En las actividades mineras es inevitable la presencia de agentes y polvos químicos contaminantes, lo que daña la salud de las personas, este reglamento se crea con la finalidad de normar la protección del personal, previniendo riesgos laborales, así también, dichos agentes químicos pueden ser cancerígenos a un corto o largo plazo, por ello se resalta de importancia de velar por la salud y seguridad de las personas que laboran en las empresas.[59]
- h. **Ley orgánica del sector energía y minas ley 25962, Decreto Supremo N° 016-2017-EM:** es política nacional el desarrollo de acciones orientadas al fortalecimiento de la lucha contra la corrupción, para lo cual en el Ministerio de Energía y Minas se tiene previsto intensificar el desarrollo de acciones

preventivas, favoreciendo la integridad y la búsqueda de una gestión basada en valores, teniendo en cuenta lo establecido en la política 11 en Materia de Política Anticorrupción considerada en el Decreto Supremo N° 027-2007-PCM.

i. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Decreto Supremo N° 024-2016-EM y modificatoria y Decreto Supremo N° 023-2017-EM:

Donde se busca establecer los niveles de accidentes e incidentes, causantes de enfermedades ocupacionales en las actividades mineras, generando una cultura de prevención de riesgos laborales junto a una correcta participación del estado. [61]

CAPÍTULO 3

ESTADO DEL ARTE

3.1. Estado del arte

- a. En la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia se presentó la tesis titulada “Estimación de un Sistema de Ventilación de la Mina el Roble” presentada por Daniel Ricardo Castillo Aranguren en el año 2017, siendo el estudio de tipo aplicativa. Teniendo como objetivo general llevar a cabo una evaluación de la situación actual de la empresa y generar propuestas de mejora. Finalmente, en la investigación se llegaron a las siguientes conclusiones, primero se identificaron los principales problemas en la ventilación del oxígeno en la mina a través del desarrollo de una recolección de datos, realizando las mediciones correspondientes, así mismo se utilizaron programas adecuados para la reestructuración de procesos de ventilado, buscando la mejor solución. Se encontró que la mina El Roble no cumple a cabalidad con el estatus plasmado en su reglamento de manejo y flujo de ventilación, ejerciendo un control atmosférico a través de la medición de los gases, pero no es de manera permanente y observando que no se cuenta con la presencia de un experto que supervise el manejo del sistema de ventilado. [63]

- b.** En la Universidad de Chile se presentó la tesis titulada “Recirculación Controlada en Minería Subterránea” realizado por Claudio Alejandro Gutiérrez Aravena en el año 2010, siendo el estudio de tipo experimental, con el objetivo de diseñar un sistema de ventilación de aire, la cual permita analizar las técnicas utilizadas y económicas de la unidad minera, en dicha investigación el autor concluye que luego de realizar los flujos, se pudo observar que las concentraciones de polvo y gases relevantes son contaminantes en el consumo de oxígeno, separando los factores propios y los que varían. En cuanto a los factores propios de la unidad minera, los cuales son las emisiones de diversos contaminantes, en cuanto al consumo de aire contaminado, la granulometría, del polvo en la mina, así también, los gases tóxicos provocados por la actividad minera y la determinación de costos energéticos junto a los valores de mercado de adquisición y mantención de los ventiladores, logrando mejorar el sistema de ventilado llevado a cabo en la actualidad. [64]
- c.** En la Universidad Nacional del Centro del Perú se presentó la tesis titulada “Implementación de un sistema de ventilación del sistema con el fin de controlar la polución en túneles del área 220 de la planta del CAL - CDC, Proyecto Pachachaca”, presentado por Luis Lanazca De La Cruz en el año 2015. (Huancayo-Perú). La cual tuvo como objetivo general identificar los parámetros de implementación los cuales permitan generar una ventilación adecuada, controlando los niveles de polvo en los túneles del área 220 del proyecto en mención y a la vez cumplir con las normas ocupacionales y de medio ambiente. Finalmente se concluye que el sistema de ventilado usado actualmente es de tipo impelente, por lo tanto, dicho sistema absorbe el aire fresco del exterior a través de la utilización de túneles de stocks piles N° 1 y 2 de la planta de cal de CDC, con un flujo de ventilación, del 56.18% y 56.19% correspondientemente a la presión de 464.63 Pa y 464.63 y 464.80. [65]
- d.** En la Universidad Continental se presentó la tesis titulada “Elaboración del Sistema

- de Ventilación en el NV 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir- MILPO”, realizado por Vicencio Ibañez Zamudio en el año 2018 siendo el estudio de tipo aplicativo. Con el objetivo general de rediseñar el sistema de ventilación, de la unidad de estudio, para finalmente concluir que tomando en cuenta el número de cantidad de personas que trabajan en la unidad minera, se requiere hacer uso del ventilador más adecuado a utilizar, es el de 30000 CFM junto a uno de 60000. [66]
- e. En la Universidad Nacional de Huancavelica se presentó la tesis titulada “Influencia de la Ventilación Natural y Mecánica en el Diseño del Sistema de Ventilación de las Galerías del Nivel 1950 Mina Calpa-Arequipa”. Realizado por Agüero Zarate, Henry Oscar y Álvarez Ticllasuca Helsias, siendo un estudio de tipo básico experimental. Con el objetivo de evaluar la influencia de la ventilación natural y mecánica en el diseño del sistema de ventilación mixta en la Galería principal, Galería 635 W, Galería 800 W y Crucero 933 S del Nivel 1950 en la Mina Calpa. Donde finalmente se concluye que para realizar una combinación adecuada de un sistema de ventilación natural y uno mecánico, por lo que el diseño de un sistema de ventilado mixto, está haciendo uso de la galería principal 635W y de 800W y el crucero en el nivel de 1950 en la unidad minera, encontrándose aire viciado el cual no permite a los trabajadores desempeñarse adecuadamente en un trabajo, escaseando de puertas de ventilación para el correcto circuito de ventilación, el cual no permite el flujo de aire, así también no se tiene conocimiento sobre los reglamentos y normas establecidas por el mismo personal operativo. [67]
- f. En la Universidad Nacional de Ingeniería se presentó la tesis titulada “Ventilación de Minas Catuva, Hada y Esperanza CIA. Minera Raura S.A.” elaborado por Fidel Julio Hidalgo Mendieta en el año 1991, siendo un estudio de tipo experimental. El cual tuvo como objetivo general el brindar las condiciones de oxígeno necesarias al personal, tomando en cuenta las normas y reglamentos vigentes. Para finalmente tras la aplicación de recientes consideraciones tecnológicas que se debe tener en

cuenta elaborar un sistema de ventilación adecuado para una unidad minera subterránea polimetálica (Ag, Pb y Zn) ubicado a 5000 msnm, con cuerpos mineralizados muy ricos y que están a 350m. debajo del túnel principal de transporte y acceso con la superficie. También se determina que la productividad de una minera depende de los sistemas de ventilado para la ventilación en una minera subterránea, convirtiéndose en una actividad indispensable para la explotación de toda actividad minera, por lo que se requiere que los ingenieros a cargo del sistema de ventilación necesitan garantizar el aire fresco de toda la mina, distribuyendo el aire racionalmente en base a los requerimientos [68]

- g.** En la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa se presentó la tesis titulada “Evaluación Integral del Sistema de Ventilación, Modelamiento y Diseño Mediante el uso del Software Ventsim Visual Avanzado en la U. M. Animon Cía. Minera Chungar” realizado por Pierola Torees Olguin en el año 2015. Con el objetivo de llevar a cabo un análisis de la situación actual de la unidad minera Animon Cía Chungar, brindando un moldeamiento y rediseño, haciendo uso del Software estadístico Ventsim Visual Avanzado. En la investigación realizada se llegó a la conclusión que actualmente el flujo de ventilación en la unidad minera, se lleva a cabo bajo un circuito poco adecuado para garantizar una ventilación del oxígeno adecuada. Haciendo uso del Software Ventsim para realizar la simulación del sistema de ventilado, donde se llegó a cubrir la demanda de aire requerida para el bienestar de los trabajadores. [69]
- h.** En la Universidad Nacional del Santa se presentó la tesis titulada “Influencia de la Ventilación Forzada en el Dimensionamiento del Sistema de Ventilación de la Mina Limpe Centro-Unidad Minera Iscaycruz- Provincia De Oyon-Lima” realizado por Walter Orlando Niño Castro y Fran Quime Custodio Espinoza en el año 2015. Trazándose como objetivo general el establecer la influencia de la ventilación natural y la mecánica, en la Mina Limpe Centro- Unidad Minera Iscaycruz-Provincia

de Oyon-Lima. Donde se concluye que debido a las actividades de extracción de mineral se requiere ampliar la capacidad de aire de ventilación mecanizada, por lo cual es necesario la instalación de dos motores eléctricos de 400 (413 HP) lo cual reemplazaría al ventilador usado actualmente de 250 HP, aumentando su capacidad en 65.2%. [70]

- i. En la Universidad Nacional del Altiplano se presentó la tesis titulada “Optimización del Sistema de Ventilación para el Proyecto Cortada 3800 – Quenamari, U.M. San Rafael – Minsur” realizado por Omar Choque Velarde en el año 2016, siendo el estudio de tipo aplicativo. Con el objetivo general de diseñar un sistema de ventilado en base a las necesidades y requerimientos del personal operario de dicha unidad minera. Finalmente se concluye que la ejecución del sistema enseriado de los ventiladores de 30000 cfm, y la combinación del método de ventilación impelente con ventilación aspirante, más el colocado de cortinas herméticas que sirve de rebote de aire fresco que ayuda a disipar los aires viciados, dieron buenos resultados en la optimización del circuito de ventilación del Proyecto. Además, todo el proceso de optimización del circuito de ventilación de proyecto, funciona eficientemente, las mejoras son notales en la ventilación de la cortada. Del mismo modo el personal mejoro considerablemente su eficiencia en el trabajo, reportando mayor avance en los trabajos de rehabilitación. [71]
- j. En la Universidad Nacional de Ingeniería se presentó la tesis titulada “Modelo de un Programa de Seguridad e Higiene para la Minería Subterránea del Carbón en Colombia” realizado por Nancy Moreno Chacón en el año 2011, siendo el estudio de tipo aplicativo con el objetivo de rediseñar el sistema de ventilación actual para la empresa minera en mención. Finalmente se concluye que en los países de Perú, Chile, México y España los programas de seguridad muestran su interés por la prevención y cuidado de sus trabadores, ante enfermedades y distintas repercusiones que traen las actividades mineras; también se concluye que tras la

implementación del sistema y ventilado, se pudo mejorar en los flujos de aire requerido dentro de la mina subterránea, lo cual garantiza una mejora continua en la seguridad y cuidado de los trabajadores, también es importante ejercer un monitoreo constante. [72]

- k. En la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía se presentó la tesis titulada “Optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea” realizado por Alberto Campillos Prieto en el año 2015 para obtener título de ingeniero de minas, siendo un estudio de tipo aplicativo. Con el objetivo de elaborar un modelo de programa de seguridad y salud para la pequeña y mediana minería subterránea del carbón en Colombia. Donde se concluye que en la utilización de un ventilador es a 2 kPa, incrementa los niveles de resistencia en algunas ramas, haciendo uso de telones de ventilación lo cual consigue beneficiar el caudal requerido para un nuevo nivel. Dicho en otras palabras, si en lugar de usar el ventilador de 2kPa, se usa uno de 4Kpa, no se consiguen el abastecimiento requerido por lo cual se puede deducir que no es una solución válida [73]
- l. En la Universidad Nacional de Ingeniería se presentó la tesis titulada “Optimización del Sistema de Ventilación aplicando Tecnologías Informáticas Minero Hemco - Nicaragua” en el año 2016, realizado por Cesar Saúl Guillen Carbajal, para optar el título de Ingeniero de Minas, siendo un estudio de tipo aplicativo, con el objetivo de llevar a cabo un análisis y evaluación del sistema de ventilación actual, llevado a cabo por la empresa Minera Hemco – Nicaragua, lo cual permite mecanizar el sistema de ventilación, haciendo uso de equipos diésel, revisas los paramentos y condiciones de flujo de aire en la zona minera, donde se concluye que en base al diseño propuesto HEMCO, se optimizará el uso de la ventilación natural, la cual presenta una escasez de aire, por los constantes cambios en los flujos de aire, posicionándose en los ejes de extracción tanto de convención mecanizada. [74]
- m. En la Universidad Privada del Norte se presentó la tesis titulada “Evaluación de la

Situación actual del Sistema de Ventilación y Propuesta para su Optimización en Mina Subterránea Carbonífera Mi Grimaldina I – Cajamarca” realizado por Edwin Eduardo García Agama en el año 2016, siendo el estudio de tipo aplicativo. Con el objetivo de evaluar la situación actual de la empresa minera para posteriormente brindar propuestas de mejora. Donde finalmente se concluye que concluir que se requiere una topografía de pilares de un 10m por 10m de aumento promedio de 1.75 metros, por lo que la pendiente del resultado es de 5%. Así mismo, al realizar el monitoreo de gases tóxicos los cuales sobrepasan límites permitidos, la calidad de aire natural es buena sin embargo la utilización de cámaras puede ser de gran utilidad, por otra parte, se puede optimizar la ventilación haciendo uso de la topografía, monitoreo y caudal será abrir más cámaras a la superficie ya que se está avanzando más con la explotación. [75]

- n. En la Universidad Nacional de Ingeniería se presentó la tesis titulada “Evaluación de la Ventilación en una Mina Convencional” realizado por Pedro Genaro Quinteros Carlos en el año 1992, siendo el estudio de tipo aplicativo. Con el objetivo de realizar una evaluación del sistema de ventilado actual realizado por la unidad minera y posteriormente realizar propuestas de mejora. Concluyendo que la ventilación actual posee un déficit de 27413.64 CFM el provisionando el aire por medio de una ventilación mecánica que ingresa por el NV 2400, la cual no es suficiente para satisfacer las necesidades actuales, por ello se llevó a cabo la selección de un ventilador principal que sea adecuado según el uso de las curvas de la JOV MANUFACTURING COMPANY y las características de la mina se determinó el ventilador. El costo de operación se deduce en un 5% del costo total de adquisición. En cuanto a la ventilación auxiliar el caudal necesario de 3258 CFM para la disolución de gases y polvos generados por las explosiones siendo el método utilizado el aspirante el cual presento inconvenientes debido a la gran longitud de la galería, la falta de mantenimiento, las condiciones geográficas, y la selección del

ducto por lo que se hizo la selección del diámetro del ducto de ventilación sobre la base de las velocidades de aire mínimas y máximas para después hacer la elección de la manga flexible de lona basándose en las ventajas que presentaba. En cuanto al cálculo de los tiempos mínimos de ventilación del frente se siguió el modelo matemático basado en los límites permisibles de gases tóxicos considerando las concentraciones máximas regidas por el Bureau of Mines de los EE.UU. La concentración máxima dada por el Reglamento de Bienestar y Seguridad Minera del Perú hace que el gran tiempo de funcionamiento del ventilador eleve los costos totales sin inmiscuirse en los efectos fisiológicos de los trabajadores. [76]

- o. En la Universidad Nacional de Ingeniería se presentó la tesis titulada “Modificación e Implementación del Sistema de Ventilación de la Unidad Minera Cobriza Zona Norte (Área Coris)”, realizado por Elber Aponte Espinoza en el año 2014, siendo el estudio de tipo explicativo.

Objetivo General: Realizar una modificación e implementación de un sistema de Ventilación adecuado para la Unidad Minera Cobriza Zona Norte.

Conclusión General: Tras el desarrollo de la investigación el autor concluye que con el cambio de manga a mayor diámetro 40” se obtuvo mayor alcance del flujo de aire y a mayor diámetro de chimenea menor pérdida de presión. Con el diámetro de 3m obtuvo menor capacidad de presión estática de ventilador 200,000 cfm., así mismo con los ventiladores de mayor presión estática 10” H₂O a la altura de la mina cobriza se alcanzó mayor longitud de alcance del flujo de aire. Con el uso de mangas espiraladas de 48” de diámetro se evitó el enseriado de ventiladores auxiliares y con el cambio de reducción se evitó la pérdida de presión del ventilador, haciendo uso de cortinas de faja se logró el mejoramiento del flujo de aire hacia el Zig Zag 0-A5. Por último, se mejoró la ventilación de la cámara de mantenimiento mecánico Nv 10, con el uso de manga espiralada y ducto de manga de acuerdo al diámetro al ventilador. [78]

- p.** En la Universidad del Azuay se presentó la tesis titulada “Análisis de flujos de aire con base en la sección del túnel para ventilación de minas subterráneas de carbón”. Presentada por Ricardo Franco Zambrano Loayza en el año 2017, siendo un estudio de tipo descriptivo. (Cuenca, Ecuador). Con el objetivo de analizar el sistema de ventilación de los túneles en las minas subterráneas. En el trabajo de investigación se llegó a conclusión que a lo largo de las varias simulaciones realizadas en la mina bajo diferentes condiciones es muy importante ejecutar un estudio muy detallado, antes de instalar un equipo de ventilación mecánica, ya que este puede estar sobredimensionado y en el lugar de aportar a la ventilación de la mina, solamente va a obstruir los flujos de aire y no trabajara óptimamente. [79]
- q.** En la Pontificia Universidad Católica del Perú se presentó la tesis titulada “Diseño de un sistema de ventilación para estacionamiento subterráneo de tres niveles”, realizado por Mario André Torres Melgarejo en el año 2014, siendo este un estudio de tipo aplicativo. Con el objetivo general de diseñar un sistema de ventilación mecánica elaborado en tres niveles para garantizar un flujo de aire adecuado. Donde se concluyó que luego de realizar los tres sistemas de ventilación para cada nivel de la unidad. Se logró que no se extraiga el total de aire, en base a su concentración, donde se encontró que el diseño implantado, asegura la extracción del aire contaminado de cada nivel. También se encontró que el sistema permite la conducción del aire contaminado desde los puntos de extracción al nivel del sueño, para posteriormente distribuirse en todos los niveles de la unidad minera. [80]
- r.** En la Universidad Central del Ecuador se presentó la tesis “Diseño del Circuito de Ventilación de la Zona Norte de la Mina Cabo de Hornos, ubicada en el Distrito Aurífero – Polimetálico Portovelo-Zaruma” realizado por Carbajal Naula Carla Sofía para el año 2015, siendo este un estudio de tipo descriptivo. Con el objetivo de elaborar un sistema de ventilado para la Minera ELIPE en su zona sur. Donde el autor concluye que los niveles de temperatura son uno de los principales influyentes

en el desenvolvimiento del personal y por ende en el óptimo desempeño de la mina, encontrándose un 38.76°, mostrándose un aumento de humedad, donde el valor asciende al 86.23%. [81]

- s. En la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa se presentó la tesis titulada “Estudio de Ventilación e Implementación de Mejoras en el Circuito de Ventilación de Minera Sotrami S.A. – UEA Santa Filomena – Aplicando el Software Ventsim” realizado por Caxi Llano Yoman en el año 2017, siendo un estudio de tipo descriptivo, con el objetivo general de evaluar el flujo de ventilación actual y proponer un nuevo diseño de ventilado haciendo uso del Software Ventsim, a través de la planeación de mejoras para la realización de nuevas infraestructuras. Del estudio se concluye que la unidad minera cuenta con un circuito de ventilación natural, el cual permite la circulación del oxígeno a ciertas horas del día. [82]
- t. En la Universidad Católica del Perú se presentó la tesis titulada “Propuesta Técnica de Mejora del Sistema de Ventilación principal de una Operación Minera Subterránea Polimetálica-2015” elaborado por Renzo Eyreem Portilla Salazar y Bryan Pier Velarde Macukachi, siendo una investigación de tipo descriptivo donde se tuvo como objetivo general el diseñar un modelo de ventilación en base a las necesidades de la empresa minera, con la utilización de técnicas, brindando las óptimas condiciones para el desempeño del personal operativo de la mina. Garantizando el flujo óptimo del oxígeno, obteniendo como conclusión, la estructuración de un nuevo diseño de ventilación, el cual consistió en tres conceptos, el primero basado en las condiciones actuales, el segundo en la distribución del aire y el último en la profundización y la construcción del aire raise borer. [83]
- u. En la Universidad Nacional de Ingeniería se presentó la tesis titulada “Propuesta de un Sistema de Ventilación, aplicando Tecnologías de Información y Manejo de Escenarios Técnico Económico en la Unidad Productiva San Cristóbal de Minera

Bateas SAC” realizado por Gerardo Chambergo Orihuela en el año 2013. Siendo un estudio de tipo descriptivo donde se tuvo como objetivo general el desarrollar las alternativas es la búsqueda de un sistema con un menor uso de energía eléctrica e incrementa la cantidad de aire, representando un menor costo operativo. Luego de realizar la investigación se ve por conveniente brindar una propuesta de un monto de 438,487 dólares, lo cual significa una inversión incremental de 136,878 dólares [84]

- v. En la Universidad Nacional de Ingeniería se presentó la tesis titulada “Estudio de Ventilación del Proyecto de Explotación Minera Invicta, Huaura” realizado por Oscar Jaime Ponciano Reyes para el año 2016, siendo un estudio de tipo descriptivo y comparativo con un Universo de Ministerio de Energía y Minas, legislación peruana, políticas peruanas, compatible con los estándares internacionales y la siguiente población: política, económica, laboral, y legislación ambiental minera para un total de 2000 trabajadores. Donde se tuvo como objetivo general el garantizar un flujo de ventilación de aire adecuado, el cual permita suministrar aire en la cantidad y calidad requerida por las normas de seguridad minera con el fin de lograr el confort adecuado del trabajador en el área de trabajo.

El trabajo de investigación concluye en que conforme al levantamiento inicial y modelamiento de la red, se observa un ingreso de 170,840 cfm, y según al requerimiento mínimo calculado es de 110,957cfm, lo cual representa una cobertura del 54%. Esto genera que se ejecuten proyectos de ventilación los próximos 5 años. Se concluye también, en que el uso de herramientas como un programa de ventilación, en esta investigación por ejemplo el VBET PC en proceso de implementación debería facilitar el trabajo de análisis de circuitos complejos. [85]

- w. En la Universidad Privada del Norte se presentó la Tesis Titulada “Evaluación y Propuesta del Sistema de Ventilación en el sub nivel 058 en minera Troy SAC – Cajamarca 2018” realizado por Iván Guevara Rojas y William Villanueva Bolaños

en el año 2018 siendo es estudio de tipo descriptiva. Trazándose el objetivo diseñar un modelo de ventilación para el sub nivel 058 en Minera TROY S.A.C., donde se concluye que el tipo de ventilación mecánica, afecta considerablemente, en el desenvolvimiento del personal y por ende en el desempeño de la unidad minera, donde se tuvo como bien el diseño de un nuevo sistema de ventilación en el nivel 058, el cual cuente con la capacidad de satisfacer las necesidades de oxígeno, [86]

- x. En el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey se presentó la tesis titulada “Optimización automatizada del diseño de un ventilador de flujo tubo-axial mediante algoritmos evolutivos” realizado por Abel Chávez Morales en el año 2009. Trazándose como objetivo general el optimizar el sistema de ventilado mediante la implementación de algoritmos genéticos como técnica de optimización. Se concluye que en base a la utilización del software CFD llamado Open FOAM. La codificación de la forma de aspa tridimensional fue mediante parámetros reales y puntos definitivos que se modificaron hasta encontrar el desempeño deseado. Por último, se pudieron detectar errores y dar soluciones efectivas, se detectaron divergencias en la evaluación de la velocidad del aspa, las cuales fueron eliminadas para evitar pérdida de tiempo fructuosa. [87]
- y. En la Universidad Continental se presentó la tesis titulada “Automatización de un Ventilador de 250 HP en la reducción de consumo de energía en la Compañía Minera Chungar S.A.C.”, realizado por Anibal Angel Martínez Ramos en el año 2018 siendo el estudio de tipo aplicativo. Teniendo como objetivo general el determinar la consecuencia de la automatización de un ventilador de 250HP sobre el consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C. Para finalmente concluir que la implementación de un sistema de automatización de un ventilador de 250 HP produce un efecto positivo ya que permitirá ahorrar energía, mostrando la importancia de emplear un controlador lógico que reduzca el nivel de utilización eléctrica en 5.85kW para un total promedio de 113.03Kw, generando un ahorro del

5.18% en el consumo de potencia, entonces se tiene que al mes se gastará un total de US\$188.84, llegando a ahorrar US\$915.53 mensualmente y un total de US\$10986.32 anualmente. Por otra parte, la optimización también permitirá la mejora del mantenimiento del ventilador. [88]

- z.** En La Universidad Nacional de Trujillo se presentó la tesis “Optimización del Sistema de Ventilación de la Mina Charito, Compañía Minera Poderosa S.A.” realizado por Vergaray Valle, Roy Marlon en el año 2017, siendo un estudio de tipo aplicativo, con el objetivo general de diseñar un método de ventilación en base a las necesidades requeridas, el cual permita la optimización de un sistema de ventilación actual, de la empresa minera Charito, Compañía Minera Poderosa S.A. En la investigación realizada se llegó a la conclusión que el sistema de ventilación utilizado actualmente es sensible a los cambios, por lo cual es necesario hacer uso de una ventilación bocamina que satisfaga las necesidades de ventilación en dicha minera. Por lo que es necesario hacer uso de la ventilación mecánica desde bocamina, para satisfacer la necesidad en los distintos lugares de trabajo. [89]

CAPITULO 4

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Metodología de la investigación

4.1.1. Método de investigación

La investigación es de tipo **cuantitativa - descriptiva**, la cual según Arias [91], establece un análisis lo más completa posible de un fenómeno de estudio, así también, especifica la propiedad, características y rasgos importantes de un determinado tema de investigación. Así también la investigación de diseño **no experimental**, la cual según Bernal [92], en este diseño no se manipula ninguna de las variables.

La metodología permitió realizar un análisis de las variables de investigación.

A continuación, se detallan las actividades que se realizaron:

- Identificación de las principales entradas y salidas de aire en la mina, así como por zonas de producción, realizando el balance de ventilación global.
- Determinación y estimación de agentes químicos y físicos en las actividades de explotación minera en la unidad operativa Pallancata.
- Codificación de todas las estaciones de monitoreo, indicando el nivel al que pertenecen, se identificó claramente la dirección del flujo, midiendo la velocidad del aire, así como la sección de la labor y la presión.

- Concluido el levantamiento de datos del personal que labora la unidad minera, se procedió haciendo el uso del balance de requerimiento de ingreso y salida de aire, no debiendo exceder el 10%.

4.1.2. Técnica de investigación

La investigación tiene como técnicas de recolección de datos el **análisis documental** y la **observación directa**, ya que el levantamiento de información de los instrumentos, es al aire de la mina en las labores desarrolladas en la unidad operativa Pallancata, la cual consiste en registrar las condiciones ambientales de la mina en campo.

4.1.3. Diseño de investigación

La investigación es de diseño **no experimental - descriptivo** e investigación **ex post facto** de los riesgos de agentes químicos y físicos. Se analizaron las condiciones de ventilación de las galerías subterráneas de la mina, describiendo sus problemas, con la medición directa y observación en campo y dando solución aplicando diversas escalas en la medición directa, así también, se propuso determinar el nivel de eficiencia de la ventilación mecánica, y poder obtener mejoras en las labores mineras.

4.2. Descripción de la investigación

4.2.1. Estudio de caso

Determinar el nivel de eficiencia de la ventilación para el control de agentes químicos y físicos para preservar, mejorar la calidad de vida y medio ambiente en la población laboral, constituida por las labores de desarrollo y el número de trabajadores que vienen laborando en la unidad operativa Pallancata, veta Pablo.

4.2.2. Población

En la presente investigación la población está determinada por los niveles y

subniveles por los que cruza la veta Pablo.

Técnicas de observación e instrumentos de colecta y procesamiento de datos

Para la recolección y obtención de datos de campo se determinaron en las técnicas de observación y de análisis documental, las cuales constaron en determinar, evaluar las condiciones ambientales de la mina y registro de datos en el campo.

4.3.4.1. Instrumentos

Los Instrumentos utilizados fueron los siguientes:

a) Temperatura y humedad relativa:1

Monitor de estrés por calor. Modelo QUESTemp^o 36

Monitor portátil de estrés para evaluar de forma precisa el potencial de estrés térmico individual en función de las condiciones ambientales.

Fig. 14. Monitor de Estrés por Calor.



Fuente. Bizbiz (2019).

b) Velocidad del aire: 1

La sonda telescópica contiene los sensores de velocidad, temperatura y humedad, mide la velocidad, la temperatura y la humedad relativa. Calcula caudal, bulbo húmedo y temperatura de punto de rocío.

Fig. 15.Velocidad del Aire.



Fuente. Virtual Group Expo (2019).

c) Software VentSimTM: Estándar

Software utilizado en la simulación y diseño de redes de ventilación de minas subterráneas.

d) Analizador de gases para equipos: 01

El Dräger MSI EM 200-s es un equipo electrónico de medida de múltiples canales para analizar los gases de combustión y procesos industriales. El analizador de combustión Dräger MSI EM200-s está aprobado según las normas europeas,

EN 50379 parte 1 y parte 3.

Fig. 16.Dräger MSI EM 200-s.



Fuente. Manual de instrucciones Dräger MSI EM 200-s.

e) Monitor de aire. partículas ambientales: 01

El SKC EPAM-5000 es un monitor de partículas de alta sensibilidad en tiempo real, diseñado para aplicaciones ambientales y de calidad del aire interior. Esta unidad combina técnicas de filtro tradicionales con métodos de monitoreo en tiempo real. Estas técnicas combinadas superaron las limitaciones de todos los demás productos de monitoreo de aerosol.

Fig. 17.Monitor de Aire SKC EPAM-5000.



Fuente. SKC Ltd. (2000-2005).

f) Bomba de muestreo XR-5000:01

Bomba adecuada para partículas o vapores, ofreciendo un amplio rango de flujo de 5-5.000 ml/min.

Fig. 18.Bomba de Muestreo XR-5000



Fuente. Caprotecsa (2018).

g) Monitor multigas Ventis™ Pro4: 160

Se usan como protección personal para monitorear el oxígeno y una variedad de gases tóxicos y gases combustibles.

Fig. 19.Monitor Multigas Ventis™ Pro4.



Fuente. Industrial Scientific Corporation (2016).

h) Monitor de gases múltiples MX6:04

El monitor de gases múltiples MX6 utilizado en el registro de medición de

gases, manuales y acoplables. Tiene cinco sensores con compensación de temperatura para controlar hasta seis gases ambientales en todo el intervalo de temperatura del instrumento.

Fig. 20. Monitor de Gases Múltiples.



Fuente. Catálogo PCE (2018)

i) Equipo estación DSX.

Esta estación nos ayudara a descargar la información encontrada en los diferentes puntos donde se realizó el monitoreo con los equipos multigases, así poder identificar y evaluar la concentración de Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Carbono y Oxígeno.

Fig. 21. Detector de Gases Ventis MX6.



Fuente. Catálogo PCE (2018).

j) Los instrumentos para la recolección de datos:

Es necesario tomar instrumentos donde se pueda obtener y resaltar la información relevante para aplicarlo en el desarrollo de la presente investigación, siendo un instrumento la ficha de análisis documental.

4.3.4.2. Técnicas de observación e instrumentos de colecta y procesamiento de datos.

La recopilación de datos en campo se procesó y analizó estadísticamente en Excel de Microsoft.

En este lenguaje de programación se procesó la información, así como también se analizaron los datos de manera coherente y determinar parámetros técnicos que nos darán herramientas aplicativas para poder cumplir los objetivos del trabajo de investigación.

Donde se registraron los datos encontrados en los monitoreos realizados dentro de la veta Pablo, los registros utilizados son:

- ANEXO 6.1. REGISTRO MONITOREO DE GASES EN LABORES INTERIOR MINA
- ANEXO 6.2. REGISTRO MEDICION DE CO, NO2 EN TUBO DE ESCAPE DE EQUIPOS Y VEHICULOS
- ANEXO 6.3. DOSIMETRIA DE CO
- ANEXO 6.4. REGISTRO DE MONITOREO DE DOSIMETRÍA DE POLVO PARTÍCULA RESPIRABLE
- ANEXO 6.5. REGISTRO DE MONITOREO DE DOSIMETRÍA DE POLVO PARTÍCULAS INHALABLES O TOTALES
- ANEXO 6.6. REGISTRO VELOCIDAD DE AIRE -TEMPERATURA - HUMEDAD RELATIVA.

4.3. Operacionalización de las variables

En la operacionalización de variables en la investigación se ha identificado las variables como son los Agentes Físicos y Químicos en la explotación minera.

4.3.1. Operacionalización de las variables

a. Variable dependiente:

Sistema de Ventilación

b. Variable independiente:

Agentes Físicos y Químicos

TABLA IX. Operacionalización de variables

VARIABLES			
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALAS DE VALORACION
Sistema de Ventilación	Rampas, subniveles, Galerías y tajos.	Área de labor	Metros cuadrados (m ²)
	Caudal de aire de ingreso y salida.	Total de aire en el área	Metros cúbicos (m ³)
	Inyección y extracción de aire por galerías o chimeneas principales.	Velocidad de aire	Metros por minuto (m/min)
	Requerimiento total según el anexo 38.	Balance de ventilación	Metros cubico por minuto o (CFM)
VARIABLE INDEPENDIENTE			
Agentes Químicos	Monóxido de carbono	Toxicidad según la concentración	Partes por millón (ppm)
	Dióxido de nitrógeno		Partes por millón (ppm)
	Dióxido de carbono		Partes por millón (ppm)
	Gas oxígeno	Deficiencia de oxígeno	Porcentaje (%)
	Polvo particulado	Concentración de polvo	Miligramos por metro cubico (mg/m ³)
Agentes Físicos	Temperatura ambiental	Temperatura alta y baja	Centígrados (°C)
	Frentes de trabajo	Velocidad del aire	Metros por minuto m/min

Fuente. Elaboración propia.

4.3.2. Delimitaciones de la Investigación

a. Delimitación del contenido

En la ejecución del estudio se realizó la delimitación estableciendo el tiempo del proyecto de investigación, el mismo que abarcó desde enero del 2018 a noviembre del 2018 en la operatividad en campo y el trabajo en gabinete de noviembre del 2018 a la fecha.

b. Ubicación espacial.

La Unidad Operativa Pallancata, se ubica en el departamento de Ayacucho, provincia de Paucartambo, distrito de coronel Castañeda. A 520 km al sur de la ciudad de Lima, a 180 km al suroeste de Cuzco y 240 km al noroeste de Arequipa, a una altitud promedio de 4500 m.s.n.m.

Situada en la sierra sur del Perú, en la región de Ayacucho, cuenta con dos rutas de acceso:

Lima – Ayacucho – Chalhuanca – Pallancata.

Lima – Arequipa – Izcahuaca – Pallancata.

El área está ubicada dentro de la cuenca alta del río Ocoña, sub cuenca del río Pallancata y micro cuenca del río Suyamarca. Topográficamente el área va desde los 4200 a los 5000 msnm.

c. Ubicación temporal.

El estudio se realizó en el siguiente periodo: de enero del 2018 a octubre del 2018.

d. Unidades de estudio.

En la presente investigación las unidades de estudio estuvieron conformadas por el número y labores de desarrollo niveles y subniveles la unidad operativa Pallancata, veta Pablo.

4.3.3. Plan desarrollado en el estudio

Para realizar el levantamiento de ventilación se siguieron los siguientes pasos:

- a) Formación de las brigadas de trabajo, asignación de responsabilidades y verificación de instrumentos y calibración.
- b) Ubicación de las labores antiguas y operativas del minado, con ayuda de planos topográficos 2D.
- c) Ubicación de las estaciones de ventilación principales (RC 02 Pablo, RB 01 Pablo y RB 01 Yurika).
- d) Levantamiento de las estaciones secundarias de cada nivel. Medición de velocidad del aire, temperatura de ambiente, sección de la labor, dirección del aire, presión barométrica, humedad relativa.
- e) Digitalización y determinación de caudales y velocidades promedios en cada estación de monitoreo.
- f) Determinación balance y cobertura de aire actual (junio-Sep. 2018).
- g) Recolección de datos de agentes químicos polvo y gases.

CAPITULO 5

DESARROLLO DE LA TESIS

5.1. Higiene industrial en Pallancata

El área de higiene industrial es aquella que se encarga de identificar, evaluar y controlar a todos aquellos contaminantes encontrados en mina, ya sea agentes químicos, físicos, biológicos y ergonómicos los cuales causarían daños inmediatos o posteriores a nuestros colaboradores, es por ello la importancia de la implementación de cada unidad minera que cuente con esta área.

No solo es importante ver el tema de seguridad industrial, si no también ver higiene industrial como un área de gran importancia para el soporte y control de aquellos agentes presentes en cada actividad desarrollada para ello empezaremos evaluando el diagrama de flujo del proceso de Higiene Industrial, “ver anexo 8”.

5.1.1. Monitoreos de higiene industrial en Pallancata

Minera Ares SAC. Implementa el área de higiene industrial en los años 2010 y 2011, con la finalidad de cuidar a su personal que ingresa a mina y trabaja en planta concentradora, y que estos cuiden su salud en el trabajo. Aun principio el área pertenece a seguridad industrial, posteriormente pasa a área médica ya

que los problemas de agentes químicos, físicos, biológicos y ergonómicos los trataba medicamente el médico de unidad.

Los primeros monitoreos realizados fueron por consultoras externas, posteriormente se contrató personal técnico a cargo del ingeniero Miguel Quiñones para la ejecución e implementación de los monitoreos en las diferentes áreas en mina. Dando en la actualidad un presupuesto anual para el área de Higiene Industrial de \$ 250.700.00 dorales, ver anexo 7.

Los gastos son en:

- Compra de Accesorios menores.
- Monitoreo y Análisis de Laboratorio Perú - Higiene Industrial.
- Actualización de Línea Base Higiene Industrial.
- Calibración de equipos de monitoreo.
- Implementaciones y mejoras.
- Fiscalizaciones.
- 370 detectores monogas de CO Draguer.
- Equipos Menores Ventilación.

5.1.2. Ventilación en higiene industrial

En minería la ventilación es uno de los aspectos más importantes para el desarrollo y la producción, es por ello que el área de ventilación simple está acompañada por planeamiento o mina y naturalmente se les presenta problemas de gas, temperaturas altas y polvo en los frentes de trabajo, provocando en la actualidad un cuello de botella en la correcta administración del aire limpio y el aire viciado, estas áreas no cuentan con equipos adecuados ni personal capacitado para administración correctamente del aire, sin embargo, el área de higiene cuenta con el personal adecuado y con los equipos para poder identificar los agentes químicos, físicos y poder

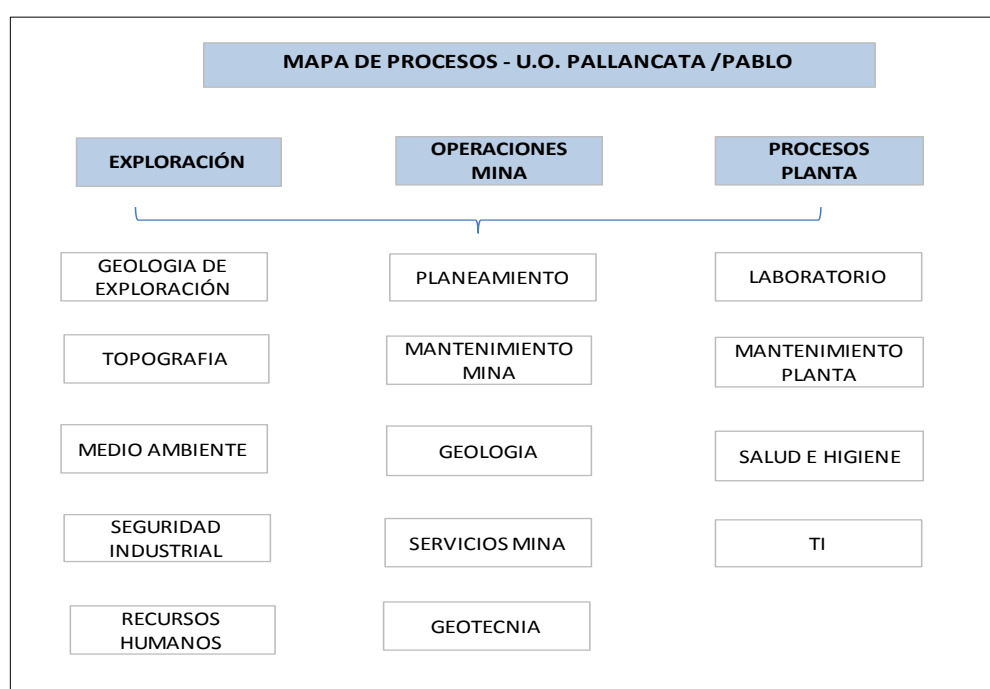
controlarlos con la ventilación.

5.2. Levantamiento de ventilación, agentes químicos y físicos

El levantamiento de la ventilación se realizó con la ayuda del área de Higiene Industrial, la cual nos facilitó dos técnicos para el levantamiento del circuito de aire, así mismos para el monitoreo de los agentes químicos y físicos, para iniciar el trabajo se tuvo que a realizar una orden de trabajo y la identificación del IPERC el cual nos facilitó el área de ventilación, ver anexo 2.

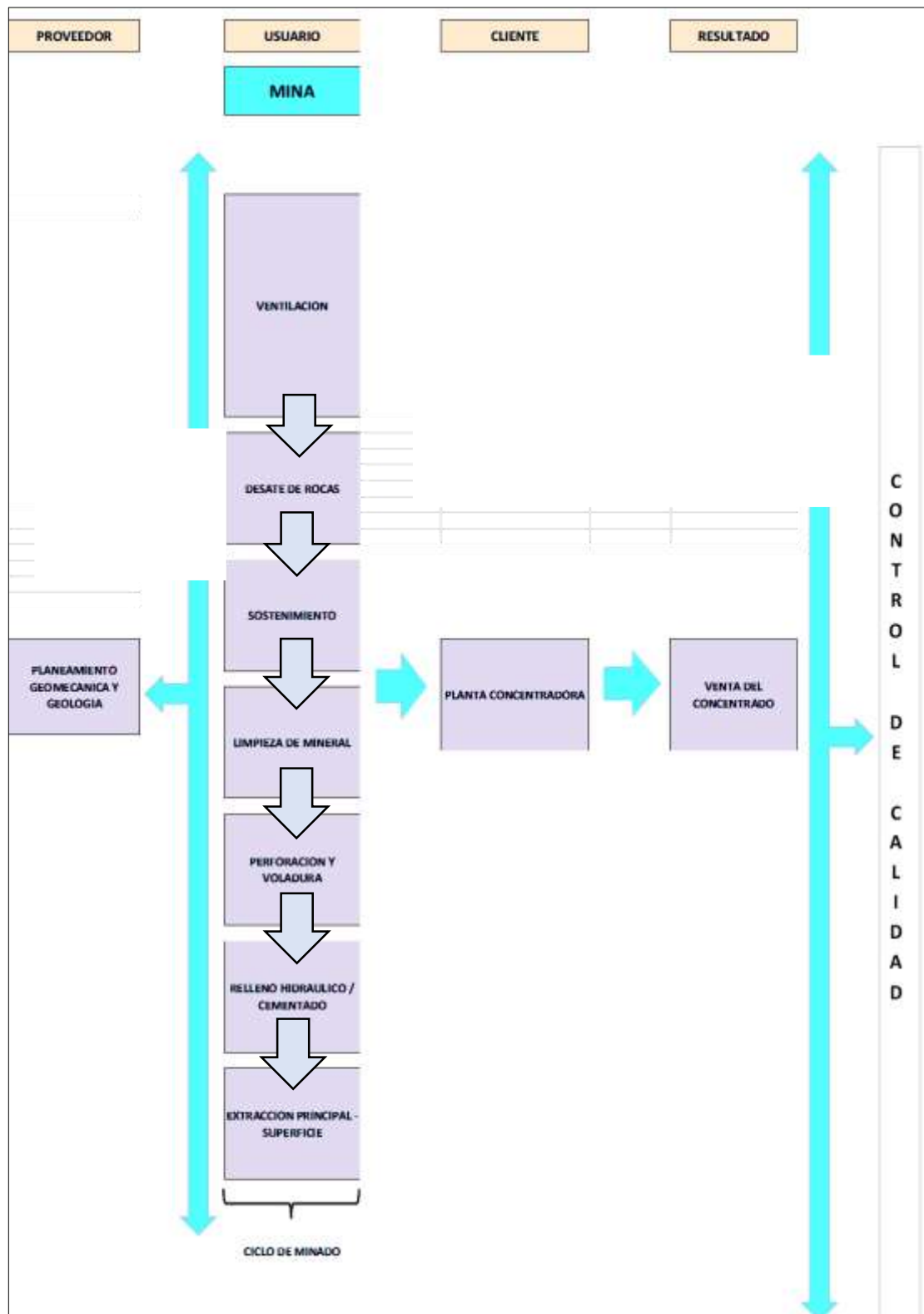
Para el Levantamiento de Ventilación y los agentes químicos y físicos es necesario tener en cuenta el mapeo de los Procesos de la Unidad Operativa Pallancata, veta Pablo, donde se toma las áreas de exploración, operaciones de mina, ver anexo 3.

Fig. 22. Mapa de procesos - U.O. Pallancata Veta Pablo.



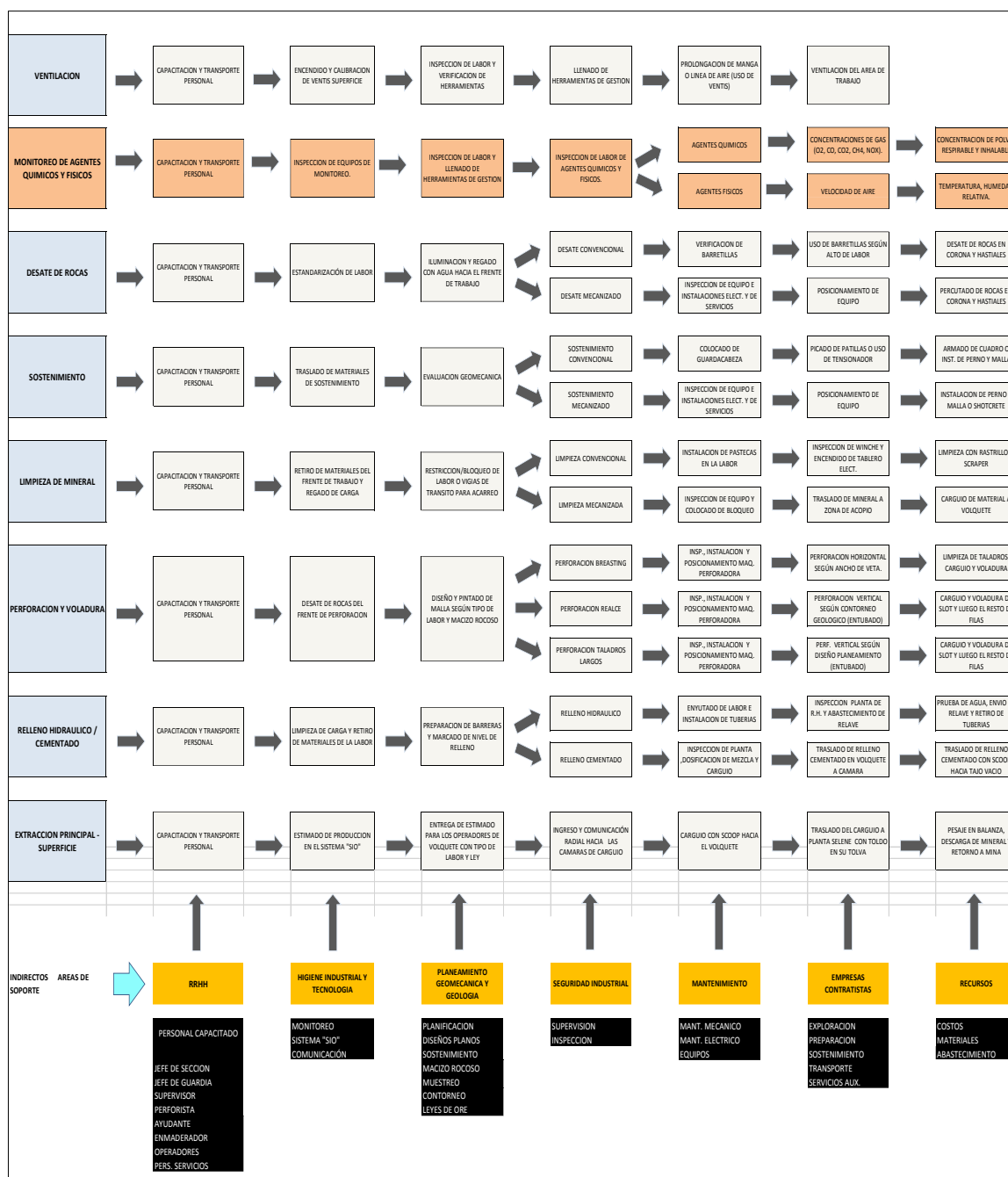
Fuente: Elaboración propia

Fig. 23. Mapa de Procesos Ciclo de Minado



Fuente: Compañía Minera Ares S.A.C.

Fig. 24. Control de Calidad de Procesos.

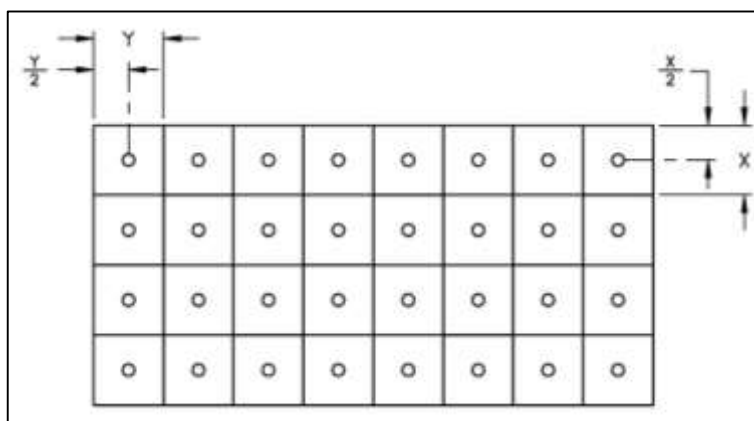


Fuente: Compañía Minera Ares S.A.C.

Las mediciones de flujo de aire realizadas se basaron en la norma: "ASHRAE 111"; Practices for measurement, testing, adjusting and balancing of building heating, ventilation, Air – conditioning and refrigeration Systems" usando el método de áreas iguales "Method of equal áreas".

Se basa principalmente en la aproximación del área transversal del túnel a un rectángulo para luego ser dividido en áreas iguales y en su centro realizar las mediciones de velocidad, posteriormente se promediarán según las especificaciones de la norma.

Fig. 25.Método de áreas de igualdad.



Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

5.3. Balance de Ventilación y Cobertura: Setiembre 2018

En la veta “Pablo”, se levantó y registró información del requerimiento total de aire y su disposición de cobertura total y determinando el requerimiento de caudal, por lo que se evaluará: Personal, consumo de madera, temperaturas laborales de trabajo, equipos de motor diésel, fugas y uso de explosivos.

5.3.1. Requerimiento por Personal: setiembre 2018

Según D.S. N° 023-2017-EM Artículo 252, inciso d) Demanda de aire de la mina, teniendo en cuenta el número de trabajadores de la guardia más numerosa.

Fig. 26.Requerimiento de Caudales.

a) Caudal requerido por el número de trabajadores (Q_{tr})

$$Q_{tr} = F \times N \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Donde:

Q_{tr} = Caudal total para "n" trabajadores (m³/min);
 F = Caudal mínimo por persona de acuerdo a

Fuente: Compañía Minera Ares SAC.

(*) Según D.S. N° 023-2017-EM Artículo 247: Los trabajadores que laboran en Minas ubicadas hasta mil quinientos (1,500) metros sobre el nivel del mar deben contar como mínimo tres metros cúbicos por minuto (3.3/3min) por hombre. Respecto a otras altitudes la cantidad son:

1. De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40% que será igual a 4 m³/min.
2. De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% que será igual a 5 m³/min.
3. Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a 6 m³/min.

TABLA X. Niveles veta pablo

Personal	Total g/día	m3/min (*)	CFM	Distribución (%)
CIA	50	300	10,595	30%
IESA	66	396	13,985	40%
QUICKSA	18	108	3,814	11%
GEODRILL	12	72	2,543	7%
MDH	5	30	1,059	3%
SEPROCAL	7	42	1,483	4%
CONMINA	6	36	1,271	4%
Q_{Tr}	164	984	34,750	100%
	Q_{Tr}	34,750	Cfm	

Nota: Información brindado por el área de ventilación.

Fuente: Compañía Minera Ares SAC.

5.3.2. Requerimiento en labores de trabajo por temperatura

Según D.S. N° 023-2017-EM ANEXO 38

Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo

Fig. 27. Requerimiento de Caudales por T° en Labores.

c) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te})

$Q_{Te} = V_m \times A \times N$ (m^3/min)

Donde:

Q_{Te} = Caudal por temperatura (m^3/min);

V_m = Velocidad mínima;

A = Área de la labor promedio;

N = Número de niveles con temperatura mayor a 23°C, de acuerdo a escala establecida en el tercer párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento.

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

TABLA XI. Parámetros de caudal

TEMPERATURA °C	24 a 29	°C
N° Niveles	0	➤ 23°C
VELOCIDAD MÍN (Vm)	0	m/min.
AREA (Prom.)	18.52	m ²

Nota: Parámetros de Caudal Permisibles

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

TABLA XII. Velocidad mínima de ventilación

VELOCIDAD MINIMA	
TEMPERATURA SECA (°C)	VELOCIDAD MINIMA (m/min)
<24	0.00
24 a 29	30.00

Fuente. Compañía Minera Ares SAC.

$$Q_{Te} = 0 \text{ cfm}$$

5.3.3. Requerimiento por equipo con motor petrolero

Se calculó el requerimiento de aire proyectado para equipos petroleros. Se tomó los parámetros adecuados con la información obtenida de la unidad minera y ceñida al Anexo 38 del D.S. 023-2017 EM del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Respecto a los equipos que se utilizan en la mina los cuales operan mediante motores petroleros se demanda una cantidad de aire no menor de tres (3) m³/min para su capacidad efectiva de potencia. También se toma en consideración otros factores como la disponibilidad mecánica y la utilización la cual es determinada por la evaluación del titular tomando en cuenta aspectos como el calor de los motores, altitud y la emisión de gases al igual que las partículas en suspensión. Se puede ver el detalle en la tabla XIII.

TABLA XIII. Requerimiento de aire por equipo con motor petrolero

ITEM	Descripción	Equipo	COMPONENTES								
			Cant	Potencia Nominal (HP)	Potencia efectiva (HP)	Disponibilidad mecánica (Dm) (%)	Factor de utilización (Fu) (%)	Factor por Altura (%)	m3/min	CFM	Distribución (%)
1	EQUIPOS DE PERFORACIÓN	Jumbo DPJ-016	1	97	78	90%	40%	70%	73	2,590	0.60%
2		Jumbo DPJ-018	1	97	78	70%	20%	70%	29	1,007	0.23%
3		Jumbo DPJ-022	1	97	78	90%	20%	70%	37	1,295	0.30%
4		Jumbo DPJ-023	1	97	78	90%	30%	70%	55	1,942	0.45%
5		Jumbo DPJ-028	1	97	78	90%	30%	70%	55	1,942	0.45%
6		Jumbo DPJ-033	1	97	78	90%	40%	70%	73	2,590	0.60%
7		Jumbo DPJ-035	1	97	78	90%	30%	70%	55	1,942	0.45%
8		Jumbo Boomer T1D JT-110	1	95	90	70%	10%	88%	18	620	0.14%
9		Jumbo Raptor R44 - JT-112	1	95	90	70%	20%	88%	35	1,240	0.29%
10		Jumbo Boomer T1D - JT-113	1	95	90	100%	10%	88%	25	886	0.20%
15	EQUIPOS DE ACARREO DE MINERAL	Scoop CAT R1300G - SC-406	1	165	160	100%	50%	79%	196	6,905	1.59%
16		Scoop CAT R1300G - SC-407	1	165	160	90%	40%	79%	141	4,972	1.15%
17		Scoop CAT R1300G - SC-408	1	165	160	90%	60%	79%	211	7,457	1.72%
18		Scoop CAT R1600 - SC-610	1	260	255	90%	50%	84%	295	10,412	2.40%
19		Scoop CAT R1600 - SC-611	1	260	255	90%	40%	84%	236	8,330	1.92%
20		Scoop CAT R1600 - SC-612	1	260	255	100%	40%	84%	262	9,255	2.14%
21		Scoop HSC-052	1	260	248	90%	50%	84%	295	10,412	2.40%
22		Scoop HSC-059	1	260	248	90%	40%	84%	236	8,330	1.92%
23		Scoop HSC-066	1	260	248	90%	50%	84%	295	10,412	2.40%
24		Scoop HSC-068	1	260	248	100%	30%	84%	197	6,942	1.60%
25		Scoop HSC-069	1	260	248	70%	40%	84%	183	6,479	1.50%
26		Scoop HSC-074	1	260	248	90%	50%	84%	295	10,412	2.40%
27		Scoop HSC-086	1	260	248	90%	60%	84%	354	12,495	2.89%
28		Scoop HSC-087	1	260	248	100%	60%	84%	393	13,883	3.21%
32	EQUIPOS DE CARGUJO	Volquete V8E-751	1	480	400	60%	0%	75%	0	0	0.00%
33		Volquete V8E-749	1	480	400	100%	70%	75%	756	26,698	6.17%
34		Volquete V8E-868	1	480	400	90%	80%	75%	778	27,461	6.34%
35		Volquete V8E-713	1	480	400	90%	70%	75%	680	24,028	5.55%
36		Volquete V8E-741	1	480	400	100%	70%	75%	756	26,698	6.17%
37		Volquete ANE-921	1	480	400	100%	70%	75%	756	26,698	6.17%
38		Volquete ANF-844	1	480	400	100%	50%	75%	540	19,070	4.40%
39		Volquete ANF-825	1	480	400	90%	70%	75%	680	24,028	5.55%
40		Volquete AST-830	1	480	400	100%	70%	75%	756	26,698	6.17%

41		Volquete AST-793	1	480	400	80%	0%	75%	0	0	0.00%
42		Volquete ASU-932	1	480	400	100%	70%	75%	756	26,698	6.17%
59	EQUIPOS PARA SOSTENIMIENTO	Jumbo Bolter 88 - JS-108	1	95	90	80%	10%	88%	20	709	0.16%
60		Jumbo Empernador DPJ-48	1	97	92	90%	20%	84%	44	1,554	0.36%
61		Jumbo Empernador DPJ-50	1	97	92	90%	20%	84%	44	1,554	0.36%
62		Hormigonera PHU-021	1	161	156	90%	60%	84%	219	7,737	1.79%
63		Hormigonera PHU-025	1	161	156	90%	60%	84%	219	7,737	1.79%
64		Hormigonera PHU-027	1	161	156	90%	60%	84%	219	7,737	1.79%
65		Hormigonera PHU-028	1	161	156	90%	60%	84%	219	7,737	1.79%
66		Lanzador PRB-006	1	161	156	70%	20%	84%	57	2,006	0.46%
67		Lanzador PRB-008	1	161	156	90%	30%	84%	110	3,869	0.89%
81	EQUIPOS AUXILIARES	Utilitario ICC-048	1	110	105	90%	50%	84%	125	4,405	1.02%
87	EQUIPO	Camioneta V9D767	1	120	115	100%	80%	84%	242	8,543	1.97%
88	LIVIANO	Camioneta V9Q895	1	120	115	100%	80%	84%	242	8,543	1.97%
TOTAL			47						791	432,960	100%

Fuente: Compañía Minera Ares SAC.

En las condiciones de clima y altitud de la unidad minera, va a nacer el llamado “Factor de Corrección por Altura” (FA). Este factor se da si contemplamos que a mayor altitud la temperatura y presión atmosférica decrecen, provocando menor densidad de aire y en especial el oxígeno.

Los equipos petroleros que son motores de combustión interna tienen sistemas de admisión y de inyección de combustible volumétricos, modificando el ciclo termodinámico de operación, y alterándose las condiciones de la zona de combustión y la formación de contaminantes; y en consecuencia la potencia que desarrollan los motores Diésel expuestos a estas condiciones disminuye.

Para determinar el Factor de corrección por alturas, se ha desarrollado una fórmula en función del grado de sobrealimentación a la cota de

operación z ($\pi = p_{adm}/p$), y del grado de sobrealimentación al nivel del mar ($\pi_0 = p_{adm}, 0/p_0$), y relacionando las condiciones de entrada y salida del compresor:

$$FA = \left(\frac{N_i}{N_{io}} \right)_{T.C.} = \left(\frac{\pi}{\pi_0} \right)^{0.5 + \frac{0.5}{n}} \times \frac{P}{P_o} \times \left(\frac{T}{T_o} \right)^{-0.5}$$

Nomenclatura:

FA: Factor de corrección por altura.

Ni: Potencia nominal a nivel de mar.

Nio: Potencia nominal a cota de trabajo.

π : Grado de Sobrealimentación a cota de trabajo.

π_0 : Grado de Sobrealimentación a cota de mar.

P: Presión Barométrica a cota de trabajo.

Po: Presión barométrica a nivel del mar.

T: Temperatura a condición de trabajo.

To: Temperatura a nivel del mar.

La U.O. Pallancata Zona “Pablo” se sitúa sobre los 4300 m.s.n.m. (referencia Nv 4306), se evaluaron en base a la Potencia Efectiva y la Nominal según el equipo.

5.3.4. Requerimiento por fugas

Según D.S. N° 023-2017-EM. ANEXO 38

Fig. 28. Requerimiento por Fuga.

e) Caudal requerido por fugas (Q_{Fu})

$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{t1} \text{ (m}^3/\text{min)}$

Donde:

$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

TABLA XIV. Parámetros de fugas permisibles

Q_{Tr}	34,750	Cfm
Q_{Ma}	-	Cfm
Q_{Te}	0	Cfm
Q_{Eq}	432,960	Cfm
Q_{Fu}	70,156	Cfm

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

5.3.5. Requerimiento por explosivo

Según D.S. N° 023-2017-EM

Fig. 29. Cálculos de Caudal por Consumo de Explosivo

e) Caudal requerido por consumo de explosivo (Q_{Ex})	
Cuando en la operación no se utilicen equipos con motor petrolero, debe calcularse y tenerse en cuenta la necesidad de aire requerido por consumo de explosivos, conforme lo siguiente:	
$Q_{Ex} = A \times V \times N$ (m^3/min)	
Donde:	
Q_{Ex}	=Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m^3/min)
A	=Área promedio de labores (m^2);
V	=Velocidad mínima requerida según norma (m/min);
N	=Número de niveles en voladura.

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

TABLA XV. Caudal requerido por consumo de explosivo

Ecuación de Novitsky (*)
$Q = (100 \times K \times a) / (d \times T) ; (m^3/min)$
Q = Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado; m ³ /min.
K = Cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60%; kg.
a = Volumen de gases generados por cada kg. de explosivo. Valor sugerido: 0.04 (m ³ /kg de explosivo).
d = Porcentaje de dilución de los gases, deben ser diluidos a no menos de 0.008 % y se aproxima a 0.01 %.
T = Tiempo de dilución de los gases (minutos).
(*) Data obtenida del reglamento Chileno)

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

Ecuación de Novitsky

Cálculos de caudal por consumo de explosivo: Parámetros

TABLA XVI. Cálculos de caudal por consumo de explosivo: parámetros

MES	Explosivo Total (Kg)	Total (Kg)
JUNIO	11,721	11,721
JULIO	14,141	14,141
Promedio		12,931

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

TABLA XVII. Parámetros de caudal por consumo de explosivo

Área Prom:	18.52	m ²
Velocidad Min	20	m/min
Niveles	9	
Tiempo Dilución	90	Min
Explosivo	216	Kg/Gd

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

Según D.S. N° 023-2017-EM

Ecuación de Novitsky (*)

$$Q_{Eq} = 117,752 \quad \text{Cfm} \quad Q_{Eq} = 1.197 \quad \text{cfm}$$

Si se toma

No se toma

5.3.7. Requerimiento de caudal total de la operación

Según D.S. N° 023-2017-EM; Para realización del cálculo de la demanda de aire requerido para el funcionamiento de equipos que cuentan con motor petrolero se realiza en base al literal d) del artículo 252 del reglamento, tomando en cuenta la fórmula que se muestra a continuación:

$$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu}$$

Donde:

Q_{To} = Caudal total para la operación
 Q_{T1} = La sumatoria de caudal requerido por: a) el número de trabajadores (Q_{Tr}), b) el consumo de madera (Q_{Ma}), c) temperatura en labores de trabajo (Q_{Te}) y d) equipos con motor petrolero (Q_{Eq})
 Q_{Fu} = 15% del Q_{T1}

e) Caudal requerido por fugas (Q_{Fu})

$$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

Donde:

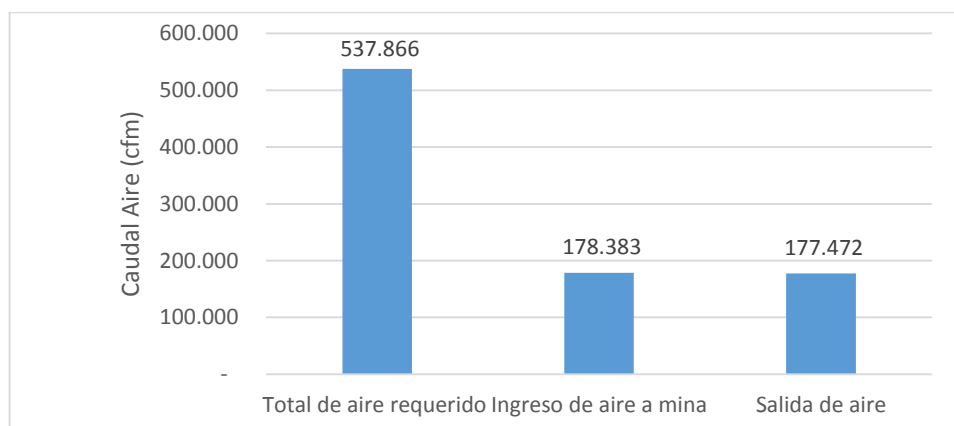
$$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$$

Q_{Tr}	34,750	cfm
Q_{Ma}	-	cfm
Q_{Te}	0	cfm
Q_{Eq}	432,960	cfm
Q_{T1}	467,710	cfm
Q_{Fu}	70,156	cfm

$$Q_{To} \quad 537,866 \quad \text{cfm}$$

De lo anterior se puede determinar el total de aire requerido en el mes de setiembre del año 2018, donde podemos ver que el caudal de aire (cfm) requerido en la mina es de 537,866 cfm, el ingreso de aire a la mina es de 178,383 cfm y se tiene una salida de aire ventilado de 177,472 cfm.

Fig. 30.Total, Aire Requerido Set. 2018



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30, podemos ver el requerimiento total versus la cobertura actual, en el requerimiento total podemos ver la sumatoria de personal, equipos y fugas.

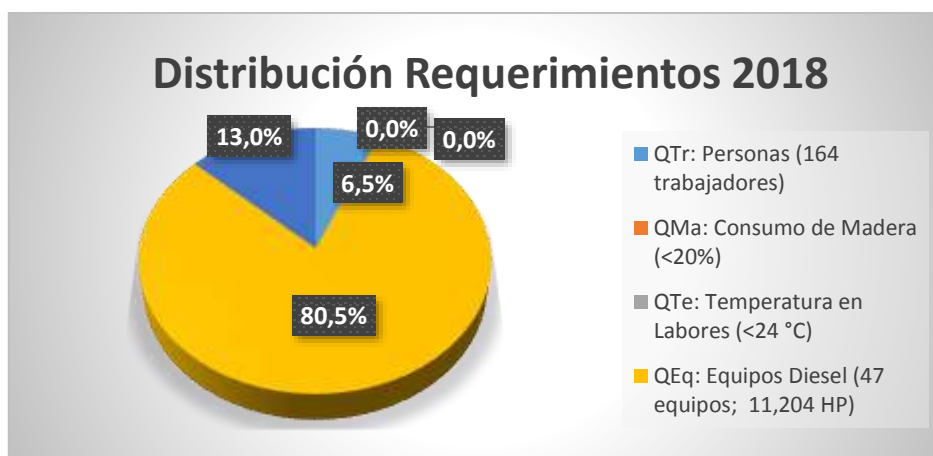
Fig. 31.Requerimiento Global de Aire Set 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Las distribuciones de los requerimientos porcentuales de aire en el año 2018 fueron del 13% de QTr (164 trabajadores por día), la temperatura en el medio laboral fue en promedio de menos 24°C, los requerimientos de caudal de aire por los equipos y maquinarias diésel (QEq) fue del 80.5% (47 equipos diésel).

Fig. 32.Distribución de Requerimientos Set. 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Con diferentes ajustes el total de requerimiento para setiembre del 2018 es:

TABLA XVIII. Cobertura u.o. Pallancata veta Pablo 2018

Balance Total de Aire Setiembre 2018		
Caudal de Aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	13,450	474,979
Ingreso de aire a mina	5,051	178,383
Salida de aire	5,025	177,472
Cobertura (%)	38	
Déficit (cfm)	296,596	

Fuente: Compañía Minera Ares SAC.

5.4. Descripción de la ventilación de la veta Pablo.

En la Unidad Operativa de Pallancata, tenemos 7 niveles activos de la veta Pablo. Presentamos a continuación los circuitos de ventilación, donde podemos observar

al detalle, que las flechas azules nos indican las entradas de aire fresco, las líneas azules son los circuitos de las mangas de ventilación, las flechas rojas nos indica el aire viciado y la representación gráfica en amarillo del ventilador. Primero describiremos los puntos de acceso y salida:

- **Rampa (RP):** Labor de accesos de equipos y maquinarias pesadas (perforación, transporte, relleno). Las rampas principales para Pablo son RP (-)1910 y RP (+)1930.
- **Galerías (GL):** Se llama fondo de saco ya que por estos puntos se encuentra bosando la veta. Todos los niveles de Pablo cuentan con galerías de avance.
- **Subniveles (SN):** Llamadas también galerías secundarias ya que estos se encuentran en niveles inferiores de las galerías principales estas tienden a cambiar de nombre según el tipo de yacimiento encontrado. Po el tipo de yacimiento y explotación que contamos en pablo podemos apreciar estos subniveles en toda la veta.
- **Cruceros (CX):** En la minera subterránea que se desarrolla para interceptar una veta. O vetas que tiene un rumbo perpendicular a la dirección de las vetas principales paralelas. Encontramos mayormente CX a la entrada de los niveles de Pablo.
- **By pass (BP):** Cuya función principal es poder distribuir o servir como medio para la extracción del mineral, estos son excavados en material inerte donde se construirá futuras chimeneas donde no perjudique la extracción.
- **Tajos (TJ):** Es la zona rica en mineral ya que es punto de extracción de la mena, por el tipo de yacimiento en Pablo la explotación es de nivel a nivel.
- **Chimeneas (CH):** Excavación de forma vertical, estos son muy utilizados para la extracción o inyección de aire a las labores mineras, también pueden ser utilizado como buzones de carguío. Las chimeneas principales de Pablo

en serian CH4306, 4308, 4310 y 4312. Otras chimeneas serian los RB 01 Pablo RC 02 Pablo y RB 05 Yurika.

A continuación, describiremos los diferentes niveles de Pablo:

- La rampa principal de ingreso y salida es RP (-) 1950 (NV. 4380 al NV. 4306) y RP (+) 1930 (NV. 4306 al NV. 4402), en la RP (+) 1930 encontramos los siguientes niveles:
- NV. 4280 el cual cuenta con un crucero (CX4280), dos chimeneas, uno de funcionamiento (CH 4308) y otro en ejecución (CH 4306).
- NV. 4296 Cuenta con un crucero ya culminado (CX 4296), un baipás (BP 4396 SW) en ejecución, cuatro subniveles de los cuales tres se encuentran en ejecución (SN 4297 NE, SN 4296 NE y SN 4296 SW) y uno culminado (SN 4297 SW).
- NV. 4306 Cuenta con un crucero (CX 4306), cuatro baipases de los cuales uno se encuentra en ejecución (BP 4306 SW), dos galerías uno en ejecución (GL 4306 SW), dos chimeneas (CH 4308 y CH4306) y un RB (RB – 01 PABLO).
- NV 4322 Cuenta con dos chimeneas (CH 4308 y CH 4312), cuatro subniveles (SN 4322 SW, SN 4322 NE, SN 4323 SW y SN 4323 NE), un RB (RB – 01 PABLO) y dos galerías en explotación (GL 4322 SW y GL 4322 NE).
- NV. 4338 Cuenta con una chimenea (CH 4312), dos subniveles (SN 4338 SW, SN 4338 NE), dos galerías en explotación (GL 4338 SW y GL 4338 NE) y dos baipases (BP 4338 SW y BP 4338 NE).
- NV. 4354 Cuenta con dos chimeneas (CH 4306 y CH 4312), dos subniveles (SN 4354 SW, SN 4354 NE) y dos baipases (BP 4354 SW y BP 4354 NE).

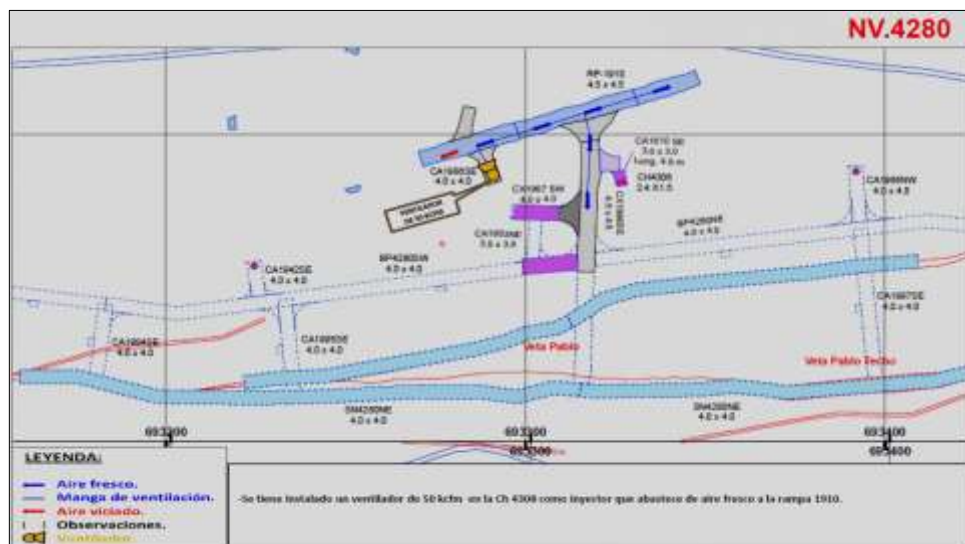
- NV. 4370 Cuenta con dos chimeneas (CH 4306 y CH 4402), dos subniveles (SN 4370 SW, SN 4370 NE) y dos galerías en explotación (GL 4370 SW y GL 4370 NE).
 - NV. 4386 Cuenta con una chimenea (CH 4306), dos subniveles (SN 4386 SW, SN 4386 NE) y dos baipases (BP 4386 SW y BP 4386 NE).
 - NV. 4402 Cuenta con una chimenea (CH 4306), dos subniveles (SN 4402 SW, SN 4402 NE), dos galerías en explotación (GL 4402 SW y GL 4402 NE) y crucero donde encuentra el RC – 02.
- Ver anexo 09 (Programa de producción y avance).

5.4.1 Circuitos de ventilación del mes de setiembre 2018: Zona Pablo:

➤ Zona Pablo: NV 4280

En este nivel se tiene instalado un ventilador de 50 kcfm en la Ch 4308 como inyector que abastece aire fresco a la RP (-) 1910.

Fig. 33.Zona Pablo: NV 4280



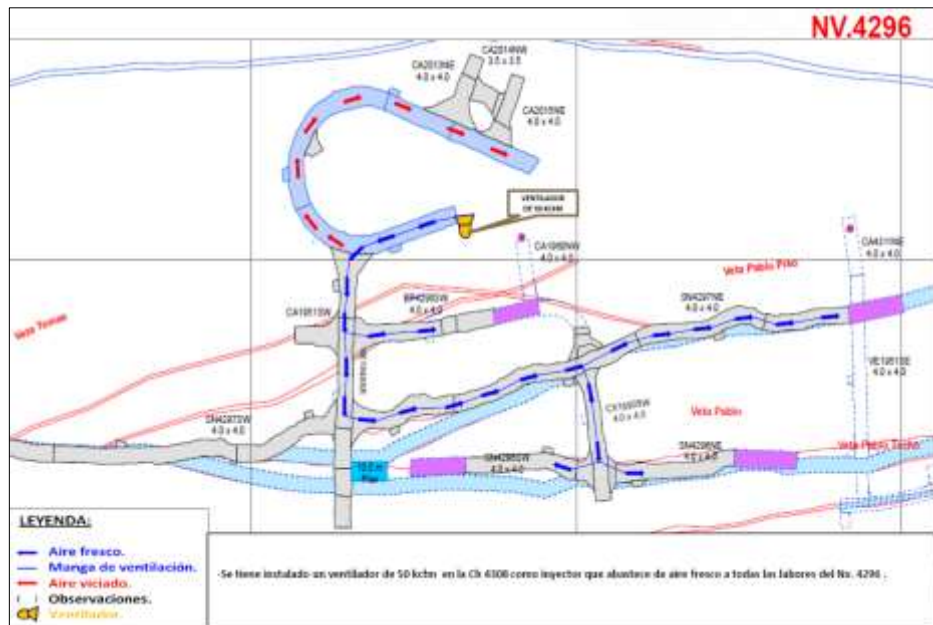
Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

➤ Zona Pablo: NV 4296

En este nivel se tiene instalado un ventilador de 50 kcfm en la ZONA 4308

como inyector que abastece aire fresco a todas las labores del nivel 4296.

Fig. 34.Zona Pablo: NV 4296.

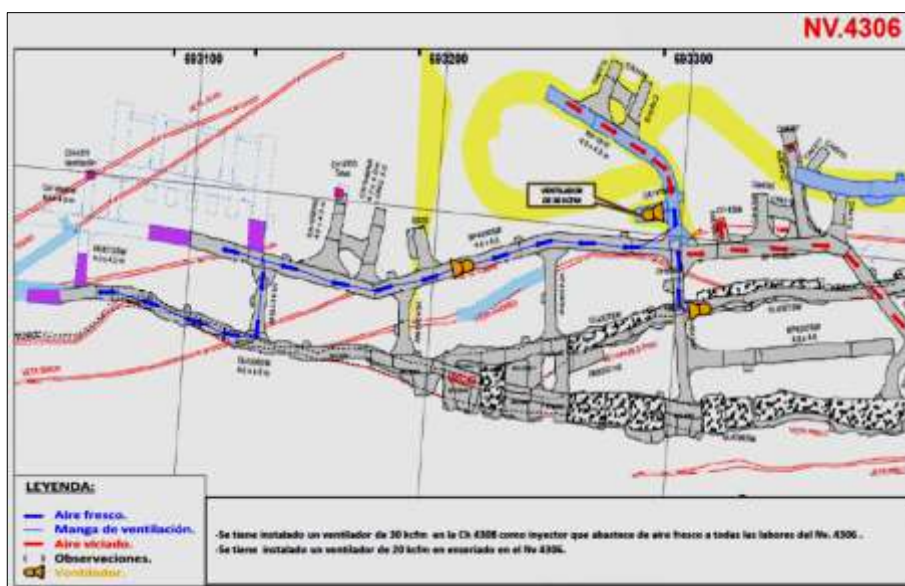


Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

➤ **Zona Pablo: NV 4306**

En este nivel se tiene instalado dos ventiladores, donde el ventilador de 30 kcfm se encuentra en el nivel 4308 como un inyector que abastece aire fresco a todas las labores del nivel 4306, y otro ventilador instalado de 20 kcfm en seriado en el nivel 4306.

Fig. 35.Zona Pablo: NV 4306

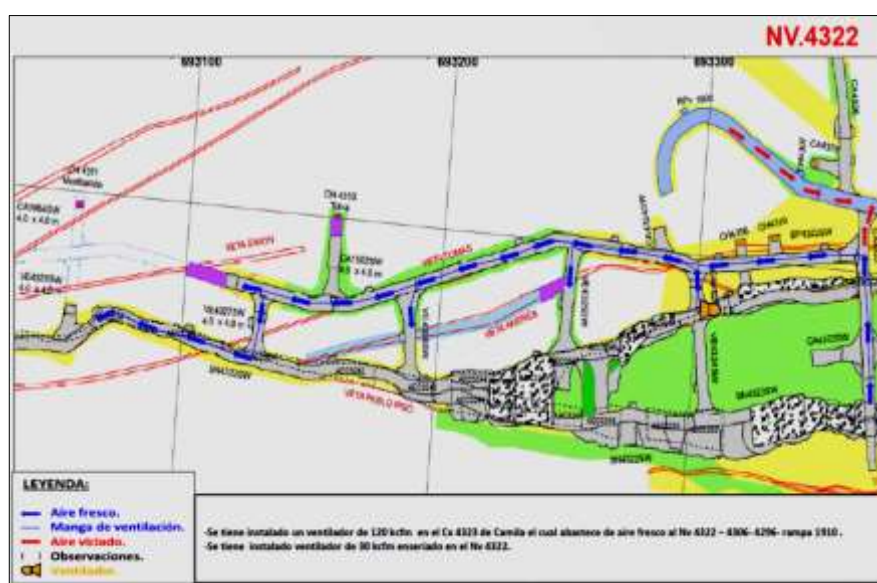


Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

➤ **Zona Pablo: NV 4322**

En este nivel se tienen instalados dos ventiladores, un ventilador de 120 kcfm en el nivel 4322 de Camila, el cual abastece de aire fresco al nivel 4322 – 4306 – 4296 – rampa 1910, el otro ventilador es de 30 kcfm enserrado en el nivel 4322.

Fig. 36.Zona Pablo: NV 4322.

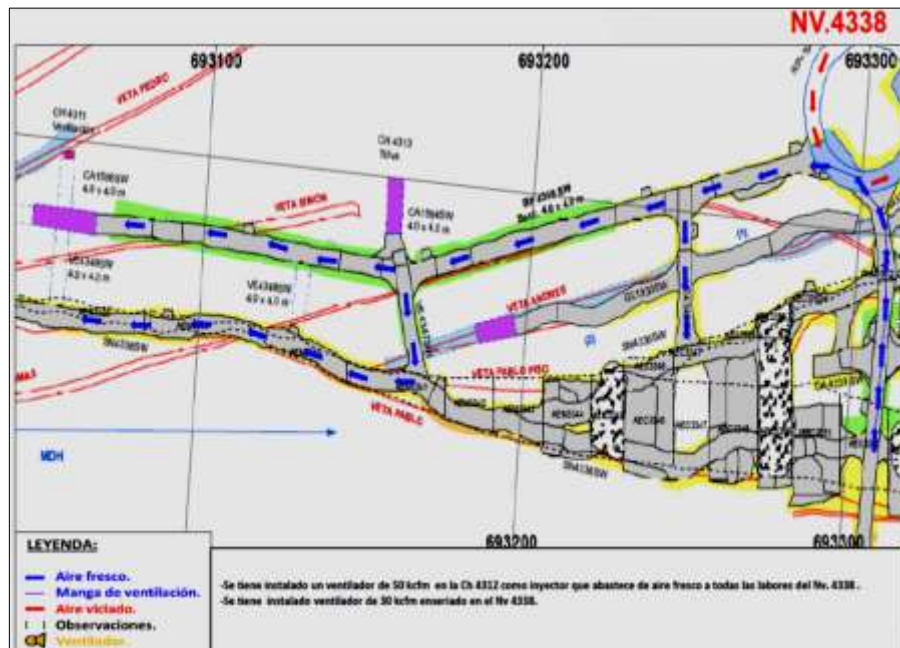


Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

➤ **Zona Pablo: NV 4338**

En este nivel se tiene instalado dos ventiladores, un ventilador de 50 kcfm en el nivel 4312 como inyector que abastece aire fresco a todas las labores del nivel 4338 y el otro ventilador de 30 kcfm enseriado en el nivel 4338.

Fig. 37.Zona Pablo: NV 4338

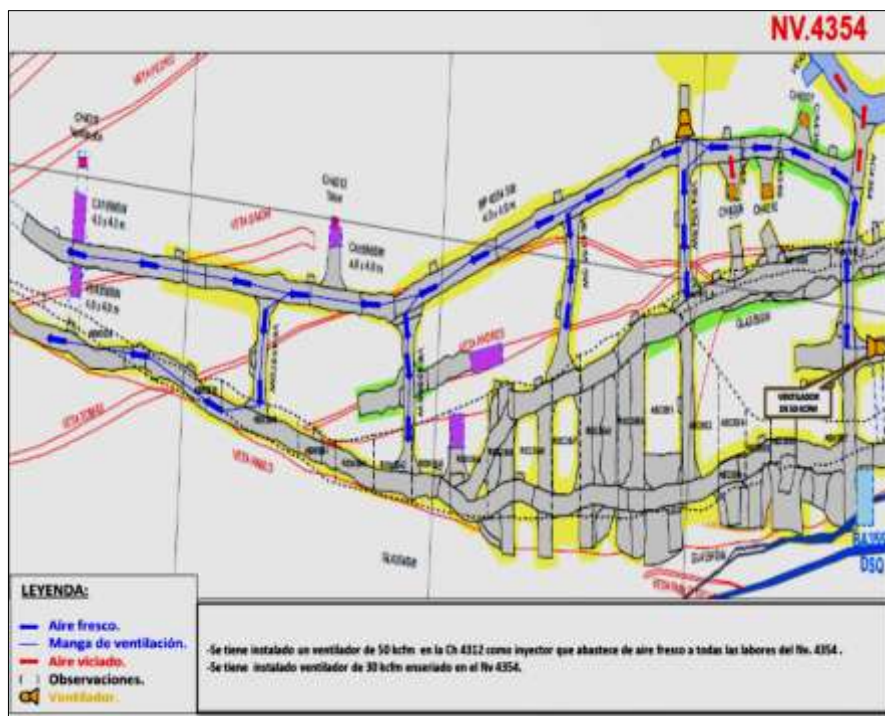


Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

➤ **Zona Pablo: NV 4354**

En este nivel 4354 se tiene presente dos ventiladores, uno de 50 kcfm en Ch 4312 como inyector que abastece de aire fresco a todas las labores del nivel 4354 y el segundo ventilador de 30 kcfm enseriado en el nivel 4354.

Fig. 38. Zona Pablo: NV 4354

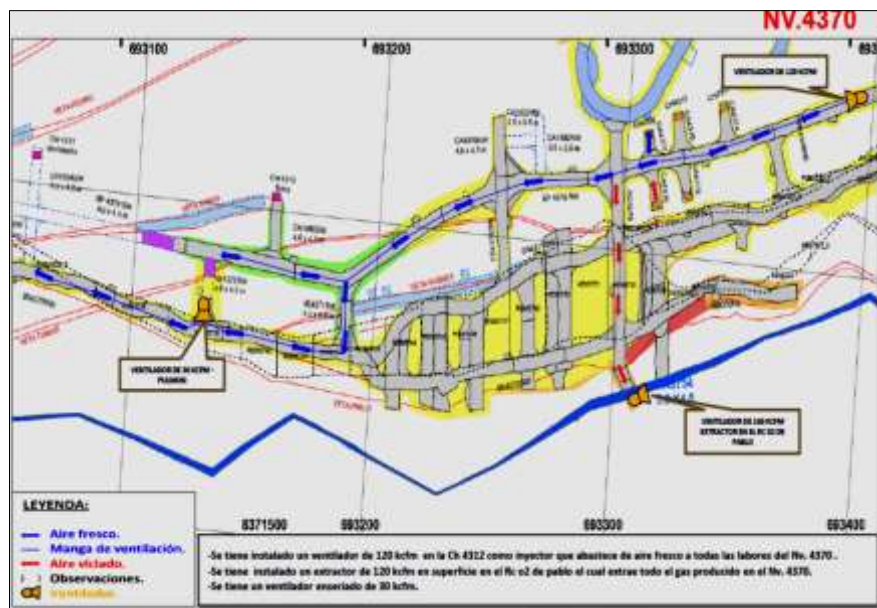


Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

➤ **Zona Pablo: NV 4370**

En este nivel por ser uno de los más complejos, se tienen instalados dos ventiladores y un extractor, un ventilador es de 120 kcfm en la Ch 4312 como un inyector que abastece de aire fresco a todas las labores del nivel 4370; el segundo ventilador enseriado en 30 kcfm y por último un extractor de 120 kcfm en la superficie en el Rc 02 de Pablo, el cual extrae todo el gas producido en el nivel 4370.

Fig. 39 Zona Pablo: NV 4370

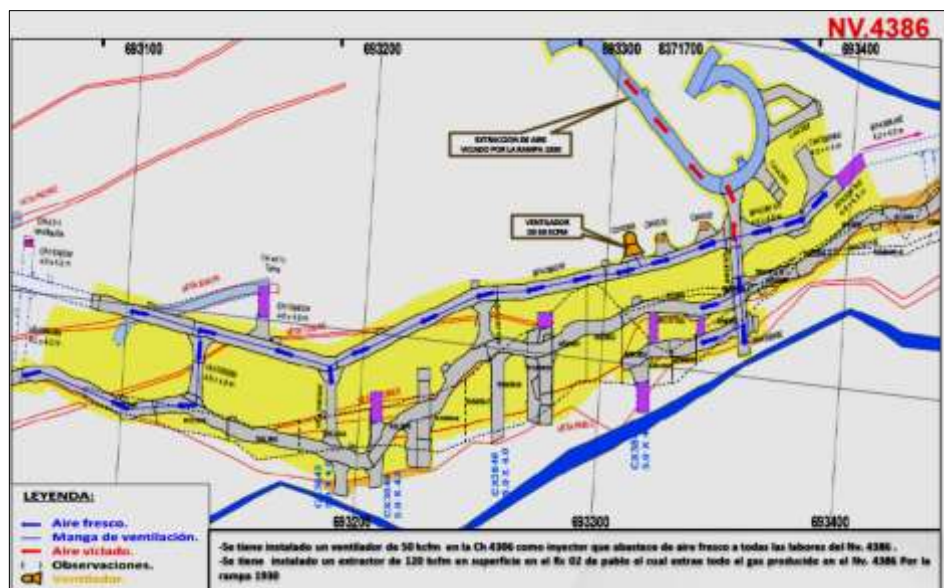


Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

➤ **Zona Pablo: NV 4386**

En este nivel 4386 se tiene instalados un ventilador y un extractor, el ventilador es de 50 kcfm en la Ch 4306 como inyector que abastece de aire fresco a todas las labores del nivel 4386, luego se tiene un extractor de 120 kcfm en superficie en el RC 02 de Pablo, el cual extrae todo el gas producido en el nivel 4386 por la rampa 1930.

Fig. 40.Zona Pablo: NV 4386



Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

➤ **Zona Pablo: NV 4402**

En esta zona se tiene instalado un ventilador y un extractor, el ventilador de 50 kcfm en la Ch 4306 como inyector que abastece de aire fresco a todas las labores del nivel 4402 y luego se tiene instalado un extractor de 120 kcfm en superficie en el Rc 02 de Pablo, el cual extrae todo el gas producido en el nivel 4402.

Fig. 41.Zona Pablo: NV 4402



Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

5.5. Inventario de ventiladores y cálculo de eficiencia: Zona Pablo

En la zona Pablo se tienen 12 ventiladores, los cuales están operativos, con sentido de inyectores (10) y extractores (2), donde se muestra la eficiencia de caudal real con su eficiencia óptima mínima.

TABLA XIX. Inventario de ventiladores y cálculo de eficiencia.

ITEM	ZONA	VETA	UBICACION	REFERENCIA	CONDICION	SENTIDO	MARCA DEL VENTILADOR	TIPO	CAUDAL NOMINAL CFM	EFICIENCIA VENTILADOR .	CAUDAL REAL.	EFICIENCIA ÓPTIMA MINIMA.
1	PABLO	NV4402	En la RP (+)1930	OPERATIVO	OPERATIVO	EXTRACTOR	AIRTEC	VAV- 32-14-3450-II-A	30,000	62%	18,539.18	22,500.00
2	PABLO	NV4386	En la RP (+)1930	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 45-26.5-1750-II-A	50,000	55%	27,496.67	37,500.00
3	PABLO	NV4370	En la CH 4312	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 45-28.5-1750-II-A	50,000	90%	45,044.13	37,500.00
4	PABLO	NV4354	En la CH 4312	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 32-14-30-0-II-A	30,000	68%	15,943.74	22,500.00
5	PABLO	NV4354	En la CH 4312	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 45-28.5-1750-II-A	50,000	53%	26,321.66	37,500.00
6	PABLO	NV4338	En la CH 4312	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 45-28.5-1750-II-A	30,000	53%	15,943.74	22,500.00
7	PABLO	NV4338	En el SN 4338 SW	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 32-14-3450-II-A	30,000	50%	14,857.63	22,500.00
8	PABLO	NV4322	En el pie de RB 01 PABLO	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 32-14-3450-II-A	30,000	90%	29,579.98	22,500.00
9	PABLO	NV4306	En el pie del CH4306	OPERATIVO	OPERATIVO	EXTRACTOR	AIRTEC	VAV- 60-30-1750-I-B	120,000	47%	56,264.48	90,000.00
10	PABLO	NV4306	A la entrada a la RP (+) 1930	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 21 1/4-14-3450-II-A	10,000	75%	7,500.00	7,500.00
11	PABLO	NV4306	Debajo del RB 01 PABLO	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 21 1/4-14-3450-II-A	10,000	70%	7,000.00	7,500.00
12	PABLO	NV4354	En la RP (+)1930	OPERATIVO	OPERATIVO	BIYECTOR	AIRTEC	VAV- 45-28.5-1750-II-A	50,000	65%	32,500.00	37,500.00

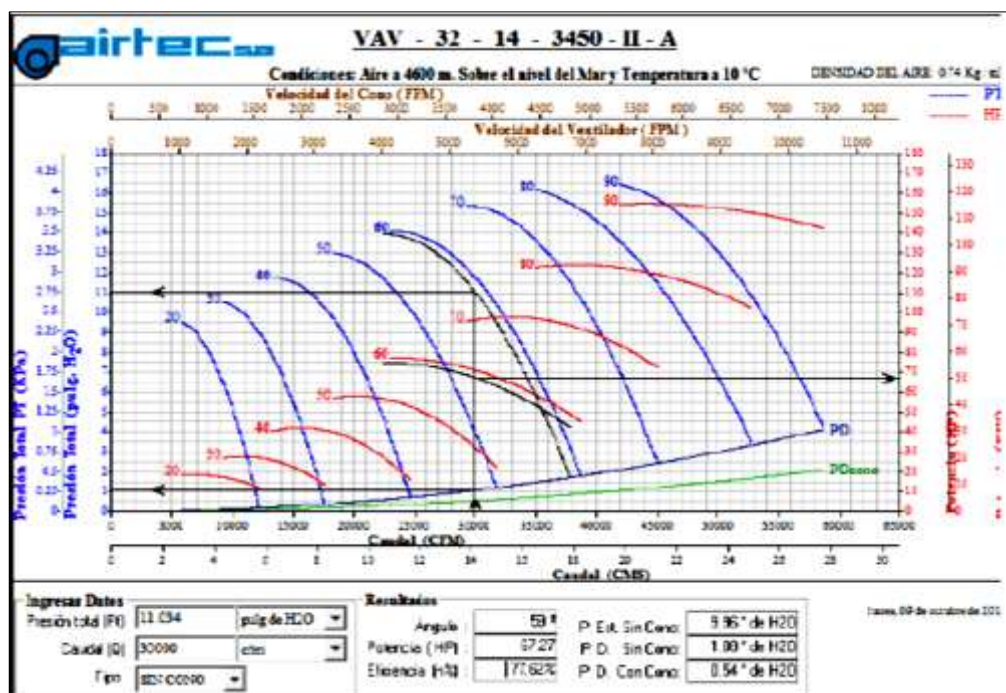
Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

Para el cálculo de sus eficiencias se procede a medir en campo la cantidad de **CFM** que brinda el ventilador, ya sea si está extrayendo aire viciado o inyectando aire fresco, se toma varios puntos dentro de la manga para sacar un promedio y saber el número total de **CFM** está consumiendo el ventilador; una vez hallado esto se procede a dividirlo con su capacidad nominal del ventilador y así se sabe cuánto es el rendimiento de cada ventilador para saber si la ubicación de esta está bien o no. En las tablas se aprecia que la mayoría de ventiladores su eficiencia oscila entre 60% y 80% lo cual es un promedio aceptable; sin embargo, se cuentan con ventiladores que tienen la eficiencia debajo de 50% lo cual se debe rectificar y/o colocar en un nuevo punto.

5.6. Curva de ventiladores

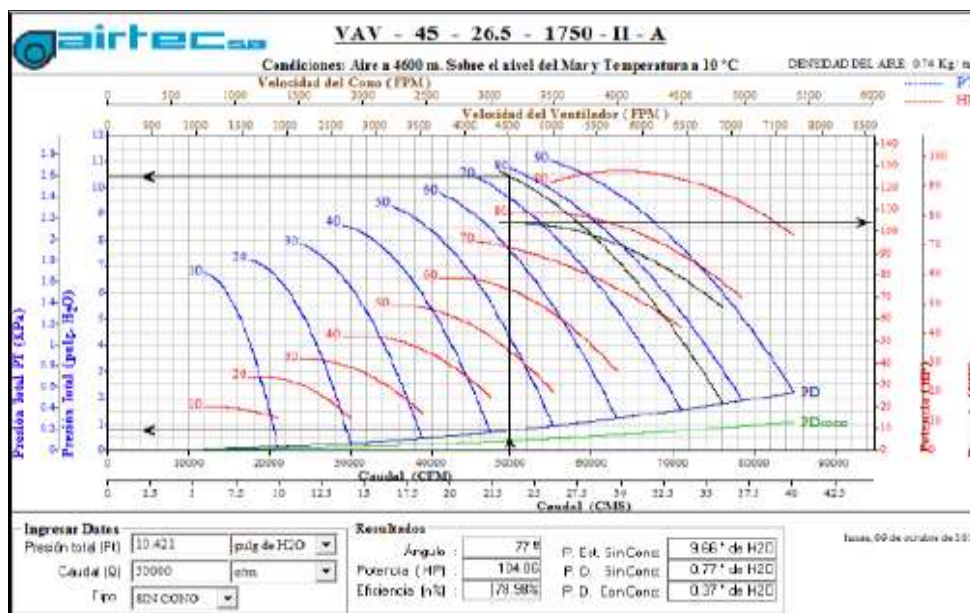
Se presentan las curvas de los diferentes ventiladores existentes en la mina, las cuales fueron realizadas mediante el software de AIRTEC, tomando en cuenta las características que presenta el ventilador en una placa.

Fig. 42. Curva de Ventilador de 30 KFCM



Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

Fig. 43. Curva de Ventilador de 50 kcfm



Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

5.7. Cálculo de cobertura de la U.O. Pallancata - Ranichico 2017

Para el requerimiento de aire se tomó en cuenta el personal que labora allí y los equipos que transitan y trabajan en la zona, según el decreto supremo 024 se consideró lo siguiente:

TABLA XX. Requerimiento de aire

Requerimiento de Aire Según el DS 024		
Personas	6	m3/min
Equipos	3	m3/min

Fuente: DS 024-2016-EM

Para el cálculo de requerimiento de aire para equipos se consideró los HP de los equipos, la utilización efectiva y la cantidad de equipos. Con estos dos resultados se divide el total del ingreso de aire entre la demanda que se tiene en la unidad minera.

Determinando la cobertura de Ranichico en setiembre del 2017, con el registro de ingresos y salidas de aire de la RB Pablo en específico en comparativo de las demás RB, y el requerimiento de caudal de aire para el personal que labora y los equipos

de trabajo teniendo, así como un requerimiento de demanda de 223,885 CFM y un requerimiento de Ingreso de 228,034 CFM, teniendo una cobertura del 102%, luego de haber realizado el análisis.

COBERTURA DE RANICHICO 2017
TABLA XXI. Cálculo de cobertura de la u.m. Pallancata.

INGRESO DE AIRE					m3/min	CFM	
	BOCAMINA				2,182	77,046	
	RB 01 LUISA				175	6,163	
	RB 04 LUISA				223	7,877	
	RB 01 CHARO				480	16,954	
	RB 02 YURIKA				376	13,271	
	RB 04YURIKA					TAPADO	
	RB03 YURIKA				535	18,890	
	RB 01 PABLO				2,487	87,832	
	TOTAL				6,458	228,034	
SALIDA DE AIRE					m3/min	CFM	
	RB 01 YURIKA				2,507	88,512.00	
	RB 05 YURIKA				2,714	95,822.00	
	RB 03 LUISA				1,225	43,239.00	
	TOTAL				6,445	227,573	
	PERSONAS						
REQUERIMIENTOS DEL CAUDAL DE AIRE	TRABAJADORES CIA			66			
	TRABAJADORES CONTRATA			63			
	OTROS TRABAJADORES			15			
	Total, de Trabajadores			144			
	CAUDAL REQUERIDO POR PERSONAS				864	m3/min	
					30,508	CFM	
REQUERIMIENTOS DEL CAUDAL DE AIRE	EQUIPOS						
	EQUIPO		CANTIDAD	HP	UE	m3/min	CFM
	SCOOP 6(YD3)		4	248	0.4	1,190	42,033
	SCOOP 4(YD3)		2	165	0.37	366	12,934
	CAMIONETAS		7	100	0.67	1,407	49,681
	HURON		3	100	0.15	135	4,767
	ROBOT LANZADOR		2	100	0.11	66	2,330
	CAMION		1	120	0.1	36	1,271
	JUMBOS		6	78	0.1	140	4,938
	MANITU		1	100	0.12	36	1,271
	VOLQUETES		7	400	0.25	2,100	74,151
					5,477	193,377	
					6,341		
	RENDIMIENTO DEMANDA				223,885	CFM	
	RENDIMIENTO INGRESO				228,034	CFM	

Fuente: Compañía Minera Ares SAC.

En la tabla anterior se muestran los resultados de los cálculos realizados para hallar la cobertura de ventilación primero en toda la unidad minera PALLANCATA y la cobertura en la zona Pablo, como se aprecia para hallar la cobertura, se obtuvo todos los ingresos de aire que se tiene en la mina y el total de requerimiento de aire en toda la U.M. Pallancata.

5.8. Cobertura en la Zona Pablo 2019

Según la proyección de explotación de recursos para el 2019 se disminuirá la utilización de equipos, mediante esta premisa se simuló el balance integral de aire para el 2019 (Plano unifilar), donde se evaluó los ingresos de aire, salidas de aire, requerimientos del caudal del aire. Una vez culminado el RC 04 se instalará en esta chimenea dos ventiladores de 150 KCFM, veremos que hay superávit de 102% de cobertura. Se evaluó los ingresos de aire, salida de aire, requerimientos del caudal del aire según el programa VENTSIM.

A continuación, se presenta la cobertura de ventilación en la zona de Pablo la cual era la zona más crítica de la UM Pallancata.

TABLA XXII. Cobertura U.O. Pallancata veta Pablo 2019.

COBERTURA U.O PALLANCATA VETA PABLO 2019							
					m3/min	CFM	
Ingreso de aire	RB 01 Pablo				5,428.8	191,713	
	RB 01 Yurika				6,168	217,983	
Salida de aire	RC-02 Pablo				3,432	121,209	
	RC-04 Pablo				8,174	288,668	
					11,268	409,877	
Requerimiento del caudal de aire	Personas						
	Trabajadores Cía			20	120	4,240.9	
	Trabajadores contrata			15	90	1,180.7	
	Otros trabajadores			3	18	636.1	
	Total trabajadores			20	120	4,240.9	
	Caudal requerido por personas				348	12,298.6	
	Equipos						
	Equipo		Cantidad	HP	DM	m3/min	CFM
	Scoop 6(yd3)		6	248	0.8	1250	44,140
	Scoop 4(yd3)		4	165	0.8	792	27,969
	Camionetas		8	100	0.70	504	17,798
	Mixer		2	100	0.60	144	5,085
	Robot lanzador		2	100	0.60	144	5,085
	Custer		3	120	0.60	194	6,865
	Camión		1	120	0.80	173	6,102
	DPJ-024		1	78	0.70	66	2,314
	DPJ-016		1	78	0.70	66	2,314
	JPRBOO8		1	95	0.80	114	4,026
	JT-110		1	95	0.80	68	2,415
	Bob Car 11		1	70	0.75	63	2,225
	Volquetes		13	400	0.80	7,488	264,431
					11,066	390,769	
Requerimiento Total					11,414	403,058	
Cobertura					102%		

Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

5.9. Situación de la Zona Pablo

5.9.1. Situación encontrada en junio del 2018

La zona Pablo es la más crítica en cuanto a la ventilación se refiere, eso se debe a muchos factores, cuenta actualmente con una cobertura del 33%, la principal causa es la falta de un RB extractor para completar un circuito de ventilación, factor que se empezará a corregir con la construcción de un RB que inicie desde el nivel 4306 hasta superficie. Se realizó la simulación en la zona Pablo, colocando los ventiladores con sus respectivas mangas en los lugares en los que se encuentran ahora. Pudimos notar el mismo problema que observamos en el campo, los ventiladores trabajan con bajas

eficiencias absorbiendo muchas veces aire del exterior del hermetizado para compensar su capacidad ya que no se abastecen con el que ingresa por los RB, es por eso que en muchos casos absorbe aire viciado.

Al igual que en los tajos convencionales la distancia de mangas en algunos niveles de Pablo es demasiada y la consecuencia de esto es la poca eficiencia del ventilador y por ende una pobre salida de aire al final de la manga.

Otro problema encontrado es algunos pulmones, no están hermetizados completamente, lo cual hace que el ventilador que se encuentra dentro y absorba el aire viciado y lo combine con el fresco.

El circuito de ventilación de esta zona es la más dinámica ya que cuando se realiza voladura el circuito de ventilación cambia completamente y es allí donde muchas veces se crean problemas en la ventilación.

5.9.2. Descripción de la ventilación actual – setiembre 2018

La Unidad Operativa Pallancata, referido únicamente a la veta Pablo.

En la zona se encuentran 12 niveles (nv), de los cuales 7 niveles se encuentran en actividad de explotación minera, 2 niveles clausurados y 3 se encuentran en apertura y habilitación. Niveles: 4402, 4386, 4370, 4354, 4338, 4322, 4306, 4296, 4280, 4264, 4248, 4232.

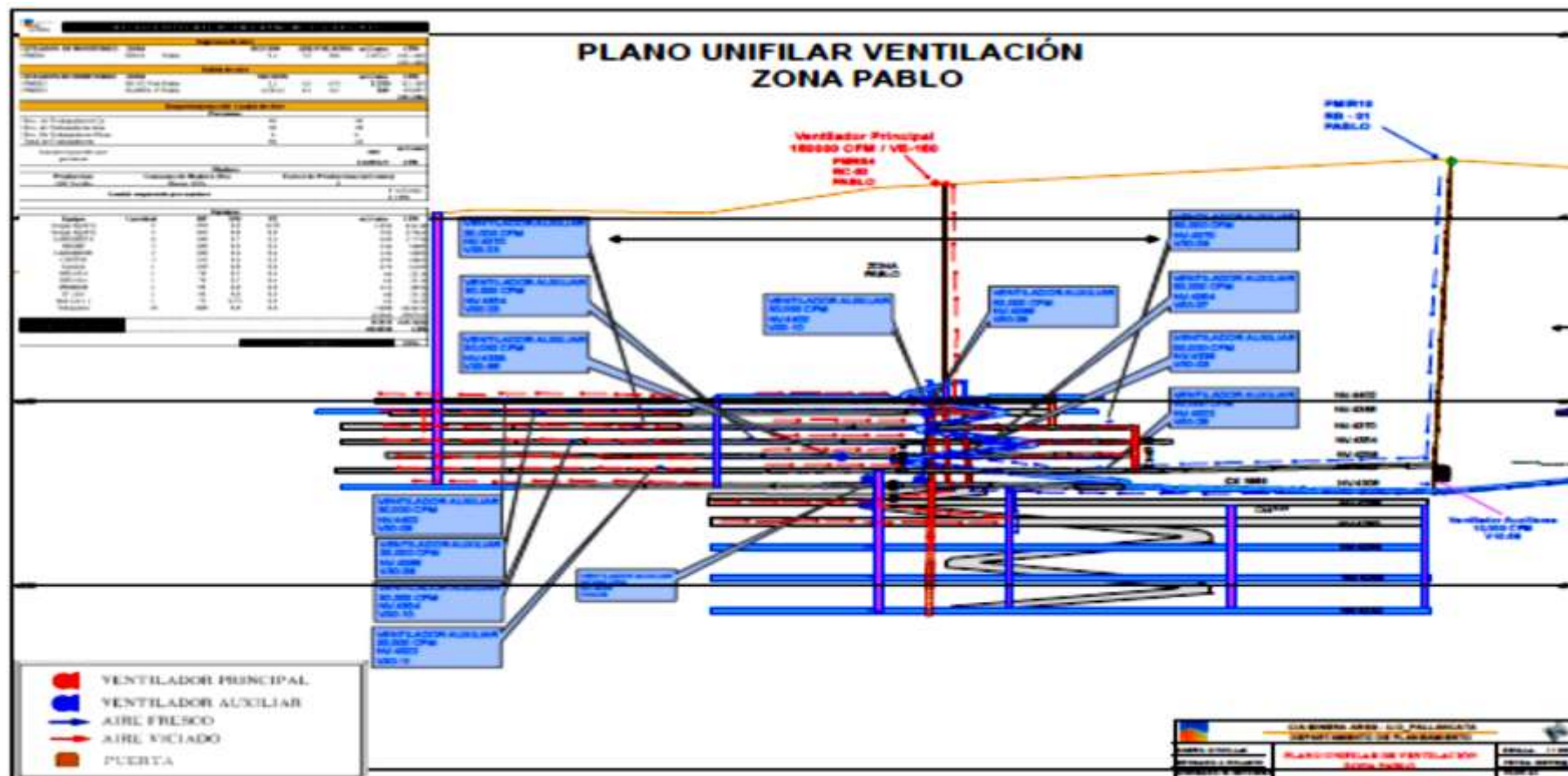
TABLA XXIII. Veta pablo: niveles

N°	Nivel	Labor	Tipo
01	Pablo Nv 4402	Explotación	En actividad
02	Pablo Nv 4386	Explotación	En actividad
03	Pablo Nv 4370	Explotación	En actividad
04	Pablo Nv 4354	Tapón hermetizado	Cierre definitivo
05	Pablo Nv. 4338	Tapón hermetizado	Cierre definitivo
06	Pablo Nv 4322	Explotación	En actividad
07	Pablo Nv 4306	Explotación	En actividad
08	Pablo Nv 4296	Explotación	En actividad
09	Pablo Nv 4280	Explotación	En actividad
10	Pablo Nv 4264	Explotación	En exploración y próxima apertura
11	Pablo Nv 4248	En exploración y próxima apertura	En exploración y próxima apertura
12	Pablo Nv 4232	En exploración y próxima apertura	En exploración y próxima apertura

Fuente: Elaboración Propia

5.9.3. Problemática Ventilación Zona Pablo: Plano Unifilar

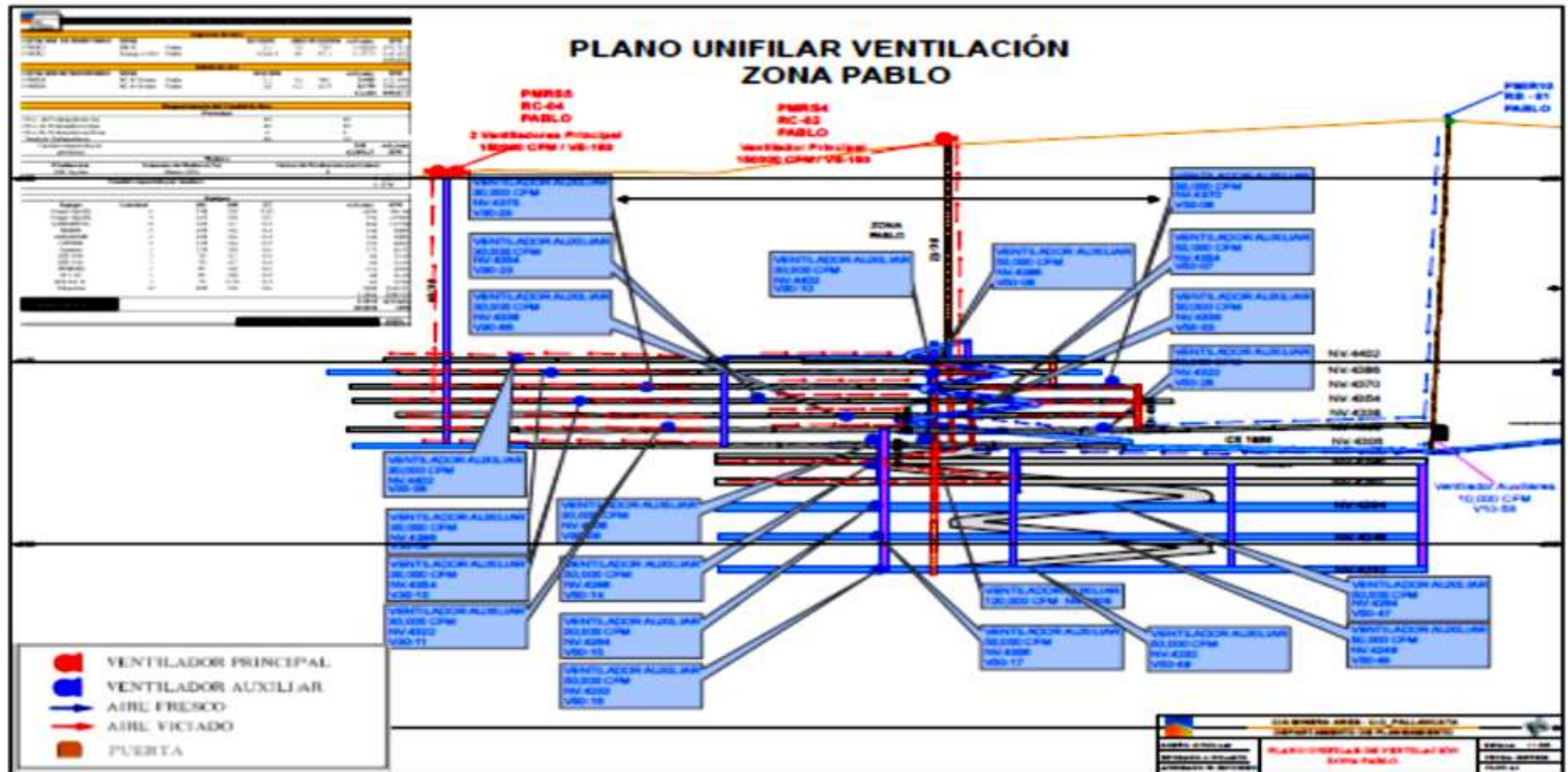
Fig. 44. Plano unifilar Ventilación Veta Pablo. Problemática 2018.



Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

5.9.4. Propuesta de Solución 2019 - Plano Unifilar de Ventilación Veta “Pablo”

Fig. 45. Plano unifilar Ventilación Veta Pablo. Propuesta de solución 2019.



Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

El plano unifilar de ventilación muestra:

a) Chimenea construida PMRS5 RC-04 PABLO, cuenta con:

- Dos ventiladores principales de 150000 CFM- VE/150,
- Además de contener un ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4370 para el nivel 4370.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4354 para el nivel 4354.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4338 para el nivel 4338.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4402 para el nivel 4402.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4386 para el nivel 4386.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4354 para el nivel 4354.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4338 para el nivel 4338.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4402 para el nivel 4402.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4386 para el nivel 4386.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4354 para el nivel 4354.

El plano unifilar de ventilación muestra:

b) Chimenea construida PMRS5 RC-04 PABLO, cuenta con:

- Dos ventiladores principales de 150000 CFM- VE/150,
- Además de contener un ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4370 para el nivel 4370.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4354 para el nivel 4354.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4402 para el nivel 4402.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4386 para el nivel 4386.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4322 para el nivel 4322.

c) Chimenea PMR S4 RC-02 PABLO

- Ventilador principal de 150000 CFM- VE/150
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4402 para el nivel 4402.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4386 para el nivel 4386.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4296 para el nivel 4296.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4264 para el nivel 4264.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4232 para el nivel 4232.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4306 para el nivel 4306.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4248 para el nivel 4248.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4322 para el nivel 4322.
- Ventilador auxiliar de 30,000 CFM, NV 4338 para el nivel 4338.

d) Ventilador auxiliar de 10,000 CFM V10-58

5.9.5. Parámetros actuales de operación

- Cota Promedio: 4,524 m.s.n.m.
- Sistema de minado: Mecanizado.
- Método de Minado: Taladros Largos
- Perforación: Electrohidráulica con Jumbo
- Limpieza: Scooptrams de 4 y 6 yd³, Diésel.
- Número de guardias: 02/día.
- Horario de trabajo:
- ✓ Turno "A" Mañana: 9:00 am a 7:00 pm.
- ✓ Turno "B" Noche: 9:00 pm a 7:00 am.
- Personal que ingresa a mina (por guardia): 164.
- Número de equipos Diésel: 47.
- Potencia nominal, total equipos Diésel: 11,204 HP.
- Número de disparos: 02/día.

- Los tiempos de ventilación después de las voladuras son:
 - ✓ Turno “A” = 1:45 horas de 7:15 am. a 9:00 am.
 - ✓ Turno “B” = 1:45 horas de 7:15 pm. a 9:00 pm.
- Los horarios para las voladuras primarias (chispeos) son:
 - ✓ Turno “A” = 7:15 am.
 - ✓ Turno “B” = 7:15 pm.
- Tipo de explosivo: Emulsión.
- Velocidad mínima del aire (permitida): 20 m/min.
- Velocidad máxima del aire: 250 m/min (en zonas de tránsito de personal).
- Producción de mineral:
 - ✓ Diaria: 2,600 TMS.
 - ✓ Mensual (estimado): 78,000 TMS.

5.9.6. Parámetros de medio ambiente

- Temperatura seca: 18.30 °C
- Temperatura húmeda: 19.70 °C
- Presión barométrica promedio: 604.9 hPa. (Nv 4306 zona “Pablo”).
- Humedad relativa: 77.11 %.

5.9.7. Determinación del factor “K”

La fricción se da en mayor proporción cuando la superficie sea más áspera ya que causara mayor turbulencia dando como consecuencia una pérdida de potencia, es decir esta causa una transformación de la energía de trabajo a energía de calor. Tomando como base lo anterior un conducto suave genera menor coeficiente de fricción que un conducto áspero el cual tiende a contar con obstrucciones, por lo tanto, a mayores obstrucciones en el conducto aumenta el valor del factor K.

Una de las formas en la que se determinó este factor K, es por la diferencia

de Caída de Presión cuyas medidas corresponden a dos puntos, distanciados mayor a 25 m.

$$\Delta H = H_2 - H_1, \dots \dots \dots (a)$$

Por tanto, la evaluación de este factor en campo se hizo mediante la utilización de equipos Tubos Pitot y el equipo multifunción Testo 435-4, y utilizando la fórmula de caída de presión de Atkinson se evaluaron.

$$Hf = K \frac{CLQ^2}{A^3} \dots \dots \dots (b)$$

Donde:

Hf : Caída de presión por fricción (Pa).

C : Perímetro del conducto (m).

L : Longitud del túnel (m).

V^2 : Velocidad (m/s).

A : Área del ducto (m^2), para las labores típicas de forma herradura se usan factores de corrección.

Q : Caudal de aire (m^3/s).

K : Factor de fricción de Atkinson, corregida por la densidad de la mina (Kg/m^3).

Para la determinación del perímetro (C) en una sección típica se usa la siguiente fórmula:

$$C = B + 1.5H + \frac{B}{2} \left(\sqrt{\frac{H^2}{B^2} + 1} \right) + \frac{B^2}{2H} \left[\ln \left(\frac{H}{B} + \sqrt{\frac{H^2}{B^2} + 1} \right) \right]$$

Donde:

C : Perímetro del conducto (m).

B : Ancho del conducto (m).

H : Altura del conducto (m).

5.9.8. Análisis factor "K"

TABLA XXIV. Análisis del factor “K”

ITEM	Pto	UBICACIÓN		AREA (A)	PERIM. (C)	PRES. TOTAL (PT), hPa	PT	LONG. (L)	VELOC. (V)		CAUDAL (Q)	FACTOR FRICCIÓN (K)	RESIST. (R)
		Nivel	Labor	prom. (m2)	prom. (m)	Prom.PT	$\Delta PT1-2$	m	m/s	prom. m/s	m3/s	kg/m3	Ns2/m8
1	P1	4322	CX 4323	12.80	13.49	-0.19	5.33	128.90	1.87	1.87	23.99	0.0112	0.0093
	P2	4322	CX 4323			-0.14			1.87				
2	P1	4402	CX 4402 SE	14.14	14.17	-0.11	1.67	34.55	2.21	2.35	33.19	0.0087	0.0015
	P2	4402	CX 4402 SE			-0.10			2.49				

Fuente. Elaboración propia.

Estos valores de “K” de fricción serán alimentados a Ventsim™ Design para la calibración del modelo y lograr la proximidad de los valores de campo vs los valores obtenidos en el modelo 3D en el software Ventsim Visual Avanzado.

5.9.9. Evaluación de agentes químicos

La evaluación de agentes químicos se realizó en la veta Pablo, tomando en cuenta las muestras de 9: 00 am a 18: 00 pm y de 21: 00 pm a 6: 00 am. El equipo que se utilizó es un VENTIS MX6, el cual cuenta con un multigas y cuenta con sensor de CO (monóxidos de carbono), la evaluación se realizó por niveles.

5.9.10. Análisis de CO por Niveles Veta “Pablo”: Noviembre 2018

➤ Concentración de CO en el Nivel 4280

TABLA XXV. Análisis de CO nivel 4280 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	8	8	
2	EVS-02	7	7	
1.1.1	TOTAL		1.1.2 2	1.1.3 0
	%		100.0%	0.0%

Nota. EVS: Estación de ventilación secundaria.

Fuente: Elaboración propia.

➤ Concentración de CO en el Nivel 4296

TABLA XXVI. Análisis de CO nivel 4280 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		Ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	10	10	
2	EVS-02	9	9	
3	EVS-03	10	10	
4	EVS-04	8	8	
5	EVS-05	8	8	
6	EVS-06	14	14	
7	EVS-07	12	12	
	TOTAL		7	0
	%		100.0%	0.0%

Nota. EVS: Estación de ventilación secundaria.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO en el Nivel 4306**

TABLA XXVII. Análisis de CO nivel 4306 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	28		28
2	EVS-02	27		27
3	EVS-03	29		29
4	EVS-04	30		30
5	EVS-05	29		29
6	EVS-06	11	11	
7	EVS-07	10	10	
8	EVS-08	9	9	
9	EVS-09	12	12	
10	EVS-10	11	11	
11	EVS-11	17	17	
12	EVS-12	28		28
13	EVS-13	29		29
14	EVS-14	14	14	
15	EVS-15	27		27
16	EVS-16	16	16	
17	EVS-17	31		31
TOTAL			8	9
%			47.1%	52.9%

Nota. EVS: Estación de ventilación secundaria.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO en el Nivel 4322**

TABLA XXVIII. Análisis de CO nivel 4322 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		Ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	26		26
2	EVS-02	28		28
3	EVS-03	37		37
4	EVS-04	26		26
5	EVS-05	26		26
6	EVS-06	31		31
7	EVS-07	11	11	
8	EVS-08	4	4	
9	EVS-09	1	1	
10	EVS-10	0	0	
11	EVS-11	0	0	
12	EVS-12	0	0	
13	EVS-13	0	0	
14	EVS-14	0	0	
15	EVS-15	0	0	
16	EVS-16	0	0	
TOTAL			10	6
%			62.5%	37.5%

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO en el Nivel 4338**

TABLA XXIX. Análisis de CO nivel 4338 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		Ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	10	10	
2	EVS-02	12	12	
3	EVS-03	11	11	
4	EVS-04	17	17	
5	EVS-05	16	16	
6	EVS-06	17	17	
7	EVS-07	16	16	
8	EVS-08	13	13	
9	EVS-09	13	13	
10	EVS-10	15	15	
11	EVS-11	24	24	
12	EVS-12	14	14	
TOTAL			12	0
%			100.0%	0.0%

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO en el Nivel 4354**

TABLA XXX. Análisis de CO nivel 4354 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	14	14	
2	EVS-02	13	13	
3	EVS-03	14	14	
4	EVS-04	17	17	
5	EVS-05	18	18	
TOTAL			5	0
%			100.0%	0.0%

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS
Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO en el Nivel 4354**

TABLA XXXI. Análisis de CO nivel 4370 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estac.	Concentración		
		ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	5	5	
2	EVS-02	2	2	
3	EVS-03	4	4	
4	EVS-04	5	5	
5	EVS-05	5	5	
6	EVS-06	5	5	
7	EVS-07	4	4	
8	EVS-08	6	6	
9	EVS-09	9	9	
10	EVS-10	11	11	
11	EVS-11	9	9	
12	EVS-12	16	16	
13	EVS-13	16	16	
14	EVS-14	19	19	
15	EVS-15	15	15	
16	EVS-16	14	14	
17	EVS-17	16	16	
18	EVS-18	16	16	
19	EVS-19	15	15	
20	EVS-20	13	13	
21	EVS-21	24	24	
TOTAL			21	0
%			100.0%	0.0%

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS
Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO en el Nivel 4386**

TABLA XXXII. Análisis de CO nivel 4386 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	8	8	
2	EVS-02	16	16	
3	EVS-03	12	12	
4	EVS-04	17	17	
5	EVS-05	17	17	
6	EVS-06	29		29
7	EVS-07	17	17	
8	EVS-08	16	16	
9	EVS-09	18	18	
10	EVS-10	18	18	
11	EVS-11	27		27
12	EVS-12	21	21	
13	EVS-13	28		28
14	EVS-14	18	18	
15	EVS-15	19	19	
TOTAL			12	3
%			80.0%	20.0%

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO en el Nivel 4402**

TABLA XXXIII. Análisis de CO nivel 4402 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		ppm	Permisible (<25 ppm)	No Permisible (>25ppm)
1	EVS-01	16	16	
2	EVS-02	15	15	
3	EVS-03	23	23	
4	EVS-04	19	19	
5	EVS-05	20	20	
6	EVS-06	19	19	
7	EVS-07	18	18	
8	EVS-08	20	20	
9	EVS-09	22	22	
10	EVS-10	21	21	
TOTAL			10	0
%			100.0%	0.0%

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXXIV. Análisis de CO por niveles zona “Pablo”: Noviembre 2018

	N° Estac.	%
Permisible (<25 ppm)	87	83%
No Permisible (>25ppm)	18	17%
Total	105	100%

Fuente: Elaboración propia

5.9.11. Análisis de CO₂, NO₂ Y O₂ por Niveles Veta “Pablo”: Noviembre 2018

➤ **Concentración de CO₂, NO₂ Y O₂ en el Nivel 4280**

TABLA XXXV. Análisis de co₂, no₂, o₂ nivel 4280 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO ₂ Permisible (<0.5 %)	NO ₂ Permisible (<3 ppm)	O ₂ Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0	1	20.7
2	EVS-02	0	0	20.6
TOTAL CUMPLIMIENTO		2	2	2
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO2, NO2 Y O2 en el Nivel 4296**

TABLA XXXVI. Análisis de CO2, NO2, O2 nivel 4280 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO2 Permisible (<0.5 %)	NO2 Permisible (<3 ppm)	O2 Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0.1	0	20.8
2	EVS-02	0	0	20.8
3	EVS-03	0	0	20.9
4	EVS-04	0	0	20.6
5	EVS-05	0.1	0	20.7
6	EVS-06	0	0	20.9
7	EVS-07	0.1	0	20.8
TOTAL CUMPLIMIENTO		7	7	7
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO2, NO2 Y O2 en el Nivel 4306**

TABLA XXXVII. Análisis de CO2, NO2, O2 nivel 4306 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO2 Permisible (<0.5 %)	NO2 Permisible (<3 ppm)	O2 Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0.21	0	20.6
2	EVS-02	0.16	0	20.7
3	EVS-03	0.21	0	20.7
4	EVS-04	0.1	0	20.7
5	EVS-05	0.19	0	20.8
6	EVS-06	0	0	20.8
7	EVS-07	0	0	20.8
8	EVS-08	0	0	20.9
9	EVS-09	0	0	20.9
10	EVS-10	0	0	20.9
11	EVS-11	0	0	20.9
12	EVS-12	0.11	0	20.8
13	EVS-13	0.1	0	20.7
14	EVS-14	0	1	20.6
15	EVS-15	0	0	20.7
16	EVS-16	16	0	20.8
17	EVS-17	0.23	0	20.7
TOTAL CUMPLIMIENTO		17	17	17
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO2, NO2 Y O2 en el Nivel 4322**

TABLA XXXVIII. Análisis de CO2, NO2, O2 nivel 4322 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO2 Permisible (<0.5 %)	NO2 Permisible (<3 ppm)	O2 Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0.2	0	20.7
2	EVS-02	0.2	0	20.7
3	EVS-03	0.2	0	20.8
4	EVS-04	0.1	0	20.8
5	EVS-05	0.15	0	20.8
6	EVS-06	0.17	0	20.9
7	EVS-07	0	0	20.9
8	EVS-08	0	0	20.8
9	EVS-09	0	0	20.9
10	EVS-10	0	0	20.6
11	EVS-11	0	0	20.7
12	EVS-12	0	0	20.8
13	EVS-13	0	0	20.8
14	EVS-14	0	0	20.9
15	EVS-15	0	0	20.6
16	EVS-16	0	0	20.7
TOTAL CUMPLIMIENTO		16	16	16
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS
Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis de CO2, NO2 Y O2 en el Nivel 4338**

TABLA XXXIX. Análisis de CO2, NO2, O2 nivel 4338 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO2 Permisible (<0.5 %)	NO2 Permisible (<3 ppm)	O2 Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0	0	20.8
2	EVS-02	0	0	20.8
3	EVS-03	0	0	20.8
4	EVS-04	0.17	0	20.9
5	EVS-05	0.15	0	20.9
6	EVS-06	0	0	20.9
7	EVS-07	0	0	20.9
8	EVS-08	0.15	0	20.9
9	EVS-09	0	0	20.9
10	EVS-10	0	0	20.9
11	EVS-11	0	0	20.9
12	EVS-12	0	0	20.9
TOTAL CUMPLIMIENTO		12	12	12
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS
Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO2, NO2 Y O2 en el Nivel 4354**

TABLA XL. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4354 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO2 Permisible (<0.5 %)	NO2 Permisible (<3 ppm)	O2 Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0	0	20.9
2	EVS-02	0	0	20.6
3	EVS-03	0	0	20.7
4	EVS-04	0.1	0	20.7
5	EVS-05	0	0	20.8
TOTAL CUMPLIMIENTO		5	5	5
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS
Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO2, NO2 Y O2 en el Nivel 4370**

TABLA XLI. Análisis de co2, no2, o2 nivel 4370 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO2 Permisible (<0.5 %)	NO2 Permisible (<3 ppm)	O2 Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0.1	0	20.9
2	EVS-02	0	0	20.9
3	EVS-03	0.17	0	20.6
4	EVS-04	0.1	0	20.9
5	EVS-05	0.1	0	20.6
6	EVS-06	0	0	20.7
7	EVS-07	0.3	0	20.7
8	EVS-08	0	0	20.9
9	EVS-09	0.1	0	20.9
10	EVS-10	0	0	20.6
11	EVS-11	0.1	0	20.7
12	EVS-12	0	0	20.9
13	EVS-13	0.1	0	20.9
14	EVS-14	0	0	20.6
15	EVS-15	0	0	20.7
16	EVS-16	0.1	0	20.9
17	EVS-17	0	0	20.6
18	EVS-18	0.21	0	20.7
19	EVS-19	0	0	20.9
20	EVS-20	0.1	0	20.6
21	EVS-21	0.1	0	20.7
TOTAL CUMPLIMIENTO		21	21	21
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS
Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO2, NO2 Y O2 en el Nivel 4386**

TABLA XLII. Análisis de CO2, NO2, O2 nivel 4386 veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO2 Permisible (<0.5 %)	NO2 Permisible (<3 ppm)	O2 Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0	0	20.6
2	EVS-02	0	0	20.7
3	EVS-03	0	0	20.6
4	EVS-04	0.1	0	20.7
5	EVS-05	0	0	20.6
6	EVS-06	0	0	20.7
7	EVS-07	0	0	20.9
8	EVS-08	0	0	20.8
9	EVS-09	0	0	20.8
10	EVS-10	0.18	0	20.7
11	EVS-11	0	0	20.9
12	EVS-12	0	0	20.8
13	EVS-13	0.21	0	20.7
14	EVS-14	0	0	20.9
15	EVS-15	0	0	20.8
TOTAL CUMPLIMIENTO		15	15	15
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Concentración de CO2, NO2 Y O2 en el Nivel 4402**

TABLA XLIII. Análisis de CO2, NO2, O2 nivel 4402 Veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estación de ventilación secundaria	Concentración		
		CO2 Permisible (<0.5 %)	NO2 Permisible (<3 ppm)	O2 Permisible (>= 19.5% <=23.5%)
1	EVS-01	0	0	20.8
2	EVS-02	0	0	20.9
3	EVS-03	0	0	20.7
4	EVS-04	0	0	20.9
5	EVS-05	0	0	20.7
6	EVS-06	0	0	20.9
7	EVS-07	0	0	20.7
8	EVS-08	0	0	20.7
9	EVS-09	0	0	20.7
10	EVS-10	0	0	20.7
TOTAL CUMPLIMIENTO		10	10	10
%		100.00%		

Nota. Estación de ventilación secundaria EVS

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XLIV. Análisis de CO2, NO2 Y O2 Veta Pablo

TOTAL	105	0
%	100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

5.9.12. Evaluación de dosimetría en el personal de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno

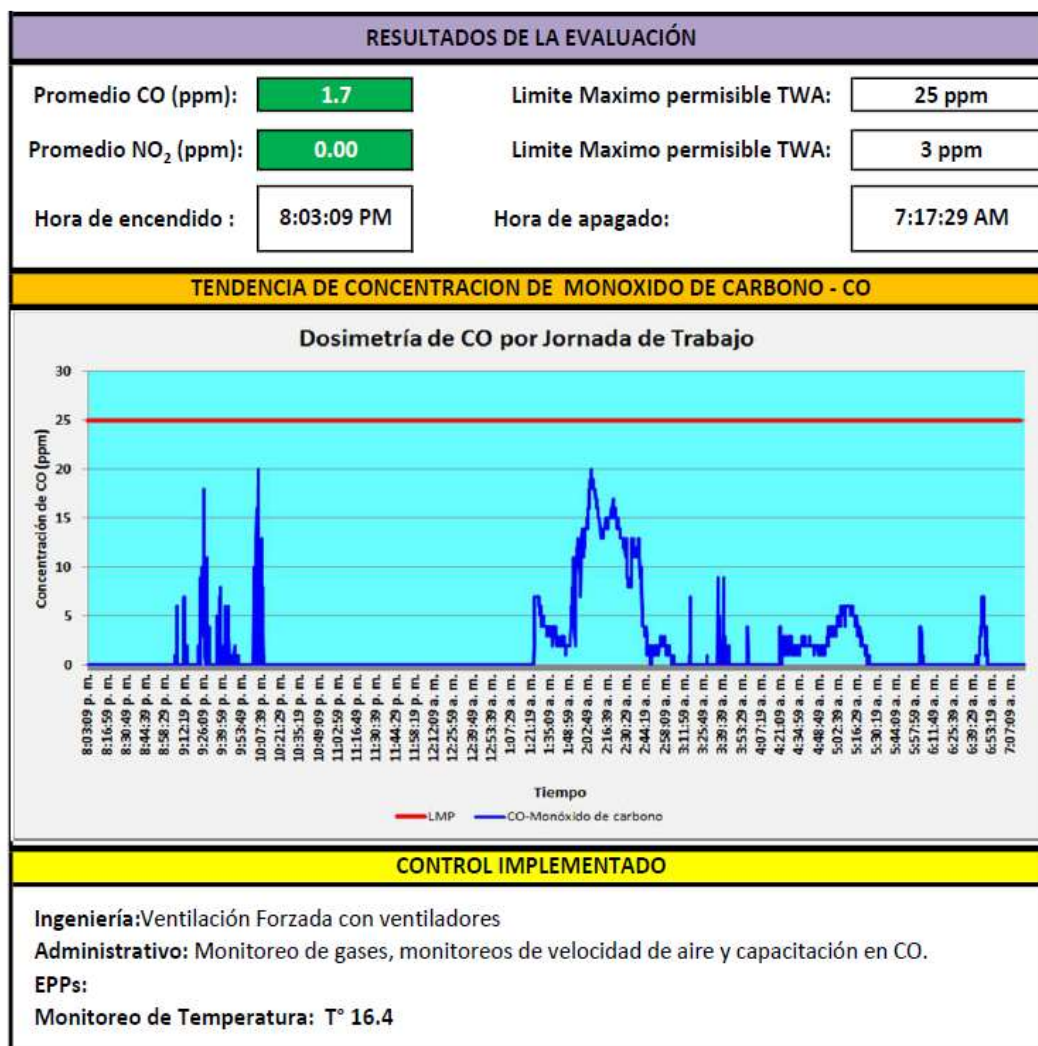
Se realizó el monitoreo de identificación y evaluación de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno en el personal aleatoriamente.

Veta: Pablo

Ocupación: operador de perforadora (jumbo)

Resultados de la evaluación de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno

Fig. 46. Identificación de Peligro y Evaluación de Riesgos.



Fuente: Elaboración propia

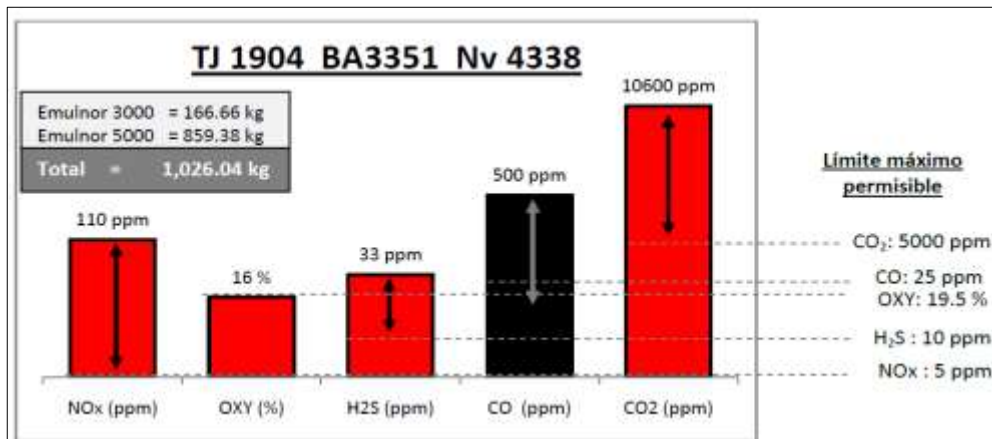
5.9.13. Monitoreo de gases de voladura

Se realizó el monitoreo de gases, donde se ve el comparativo de los límites máximos permisibles y los resultados de los monitoreos en las siguientes labores dando como resultado el siguiente:

- 1- Labor sin ventilar, demora dos horas para diluirse: Podemos ver:

Podemos observar que el límite máximo permisible de CO₂ es de 5000 ppm, y sin ventilar se registra 10,600 ppm, de igual manera el límite máximo permisible de CO es de 25 ppm y se tiene 500 ppm.

Fig. 47.TJ 1904 BA3351 Nv 4338 Monitoreo de Gases de Voladura.

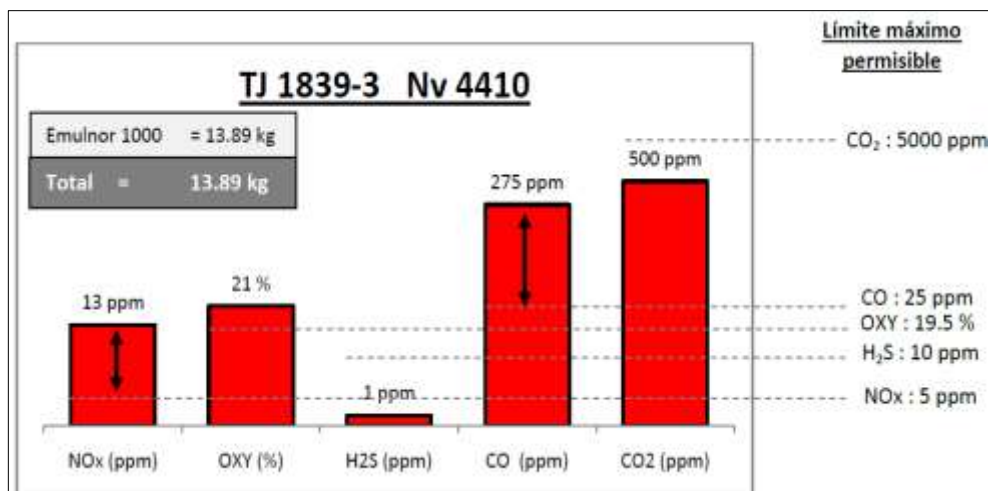


Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

2- Labor ventilada, demoro una hora para diluirse:

Podemos observar que el límite máximo permisible de CO2 es de 5000 ppm, y con labor de ventilación se registra 500 ppm, lo cual está por debajo de los límites máximos permisibles, de igual manera el límite máximo permisible de CO es de 25 ppm y se tiene 275 ppm.

Fig. 48.TJ 1839-3 Nv 4410. Monitoreo gases voladura con ventilación

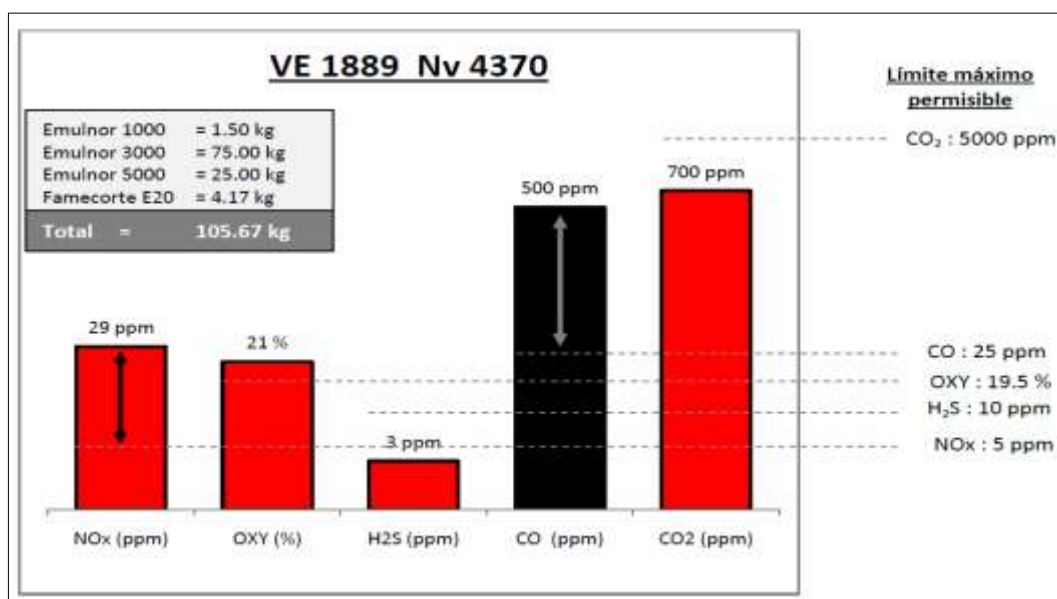


Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

3- Labor ventilada, demoro dos horas para diluirse por recirculación en ventilación.

Podemos observar que el límite máximo permisible de CO₂ es de 5000 ppm, y con labor de ventilación se registra 700 ppm, lo cual está por debajo de los límites máximos permisibles, de igual manera el límite máximo permisible de CO es de 25 ppm y se tiene 500 ppm.

Fig. 49.VE 1889 Nv 4370. Monitoreo gases voladura por recirculación en ventilación.



Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

5.9.14. Evaluación de tubos de escape de CO y NO₂

En la evaluación de concentración de gas el límite máximo permisible viene dado por el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minería DS-024-2016-EM y Modificatoria DS-023-2017-EM

“Artículo 246.- El titular de la actividad minera debe asegurar y preservar el suministro adecuado de aire limpio para proporcionar un ambiente que cumpla con las características necesarias que demanda los equipos, trabajadores para su normal desempeño, de igual manera sea útil para la evacuación de gases, polvo y humo suspendido los cuales atentan a la salud del trabajador, también preservar condiciones termo- ambientales

confortables.

“Artículo 254.- En las actividades mineras subterráneas donde se operan equipos con motores petroleros deben acogerse a las siguientes medidas de seguridad:

c) Monitorear y registrar semanalmente las concentraciones de monóxido de carbono (CO) deben encontrar por debajo de quinientos partes por millón (ppm).

d) Monitorear y registrar semanalmente concentraciones de dióxido de nitrógeno, no deberán superar cien (100) partes por millón (ppm).

e) La intervención de los equipos petroleros se deben suspender, prohibiendo su ingreso a labores de mina subterránea, en los siguientes casos:

f) Conforme a la recomendación de los fabricantes se determina como se efectuará la programación mensual de mantenimientos preventivo de los equipos, para lograr una efectiva reducción de las emisiones de gases y material particulado (hollín) de los motores petroleros.

De acuerdo a la tabla XLV con los parámetros máximos permisibles de emisiones de gas de la norma legal del DS-024-2016-EM, podemos determinar las paralizaciones de maquinarias y equipos que no cumplan la normativa, esto de acuerdo a la Fig. 63 y 64. Medición de Gases Combustión en Tubos de Escape (CO NOX).

TABLA XLV. Límite máximo permisible de CO y NO2 en equipos de interior mina.

Descripción	Normativa legal	Límite Máximo Permissible CO y NO2
Emisiones de gas	DS-024-2016-EM	CO: < 500 PPM NO2: < 100 PPM

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior concentración de polvo respirable por niveles, se puede ver la evaluación y mediciones en la U.O. Pallancata, donde se determina la concentración de partículas respirables (mg/m³) y los niveles de riesgo que esto implica.

Fig. 50. Medición de Gases Combustión en Tubos de Escape (CO NOX).

MEDICIÓN DE GASES COMBUSTIÓN EN TUBOS DE ESCAPE (CO NOX)						
MES: AGOSTO				500	PPM	PSR-HIN14-01
				100	PPM	
NOMBRE DEL EQUIPO	PLACA/CODIGO	FECHA	EMPRESA	CO PPM	NO ₂ PPM	OBSERVACIONES
VOLQUETE	ASZ-770	03-ago-18	QUICKSA	349	7	
VOLQUETE	F4D-910	03-ago-18	IESA	516	21	SE PARALIZA
CAMIONETA	ATA-906	03-ago-18	CIA	220	15	
CAMIONETA	AVT-870	03-ago-18	MDH	611	9	SE PARALIZA
VOLQUETE	F4A-944	03-ago-18	IESA	324	12	
VOLQUETE	V8E-713	03-ago-18	QUICKSA	470	19	
COASTER	D8A-961	03-ago-18	GEODRILL	430	20	SE LEVANTA OBSERVACION
CAMIONETA	AVT-870	03-ago-18	MDH	58	5	SE LEVANTA OBSERVACION
MIXCRET	PHU-009	03-ago-18	IESA	60	9	
CISTERNA	AVI-726	03-ago-18	CANDELAS	480	17	
VOLQUETE	F9G-778	03-ago-18	IESA	350	15	SE LEVANTA OBSERVACION
CAMIONETA	Z6T-872	03-ago-18	IESA	180	7	
VOLQUETE	D1V-774	03-ago-18	IESA	220	15	
VOLQUETE	F4D-910	03-ago-18	IESA	231	19	
CAMIONETA	W4U-942	03-ago-18	CONMINA	60	20	
CAMION	U8U-758	03-ago-18	IESA	460	38	
VOLQUETE	AST-768	03-ago-18	QUICKSA	344	14	
VOLQUETE	ASU-932	03-ago-18	QUICKSA	342	15	
VOLQUETE	V8E-868	03-ago-18	QUICKSA	361	15	
VOLQUETE	AST-846	03-ago-18	QUICKSA	374	16	
VOLQUETE	ANF-825	03-ago-18	QUICKSA	348	15	
VOLQUETE	DOP-848	03-ago-18	IESA	338	17	
VOLQUETE	V8E-741	03-ago-18	QUICKSA	320	19	
VOLQUETE	F4D-893	03-ago-18	IESA	378	25	
VOLQUETE	V7J-835	03-ago-18	IESA	342	17	
VOLQUETE	F4A-944	03-ago-18	IESA	536	33	SE PARALIZA
VOLQUETE	AST-808	03-ago-18	QUICKSA	457	38	
VOLQUETE	F4C-944	03-ago-18	IESA	348	23	
VOLQUETE	ANE-921	03-ago-18	QUICKSA	288	18	

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

Fig. 51. Medición de Gases de Combustión en Tubos de Escape (CO NOX).

MEDICIÓN DE GASES COMBUSTIÓN EN TUBOS DE ESCAPE (CO NOX)						
MES: AGOSTO				500	PPM	PSR-HIN14-01
				100	PPM	
NOMBRE DEL EQUIPO	PLACA/ CODIGO	FECHA	EMPRESA	CO PPM	NO₂ PPM	OBSERVACIONES
JUMBO	DPJ-022	14-ago-18	IESA	321	10	
SCALER	VS 103	14-ago-18	CIA	375	11	
SCOOP	HSC-087	14-ago-18	CIA	297	14	
MIXCRET	PHU-021	14-ago-18	IESA	317	13	
BOB CAT	246C-02	14-ago-18	SANTOS&SEBAS TIAN	172	27	
BOB CAT	246D-03	14-ago-18	SANTOS&SEBAS TIAN	210	11	
VOLQUETE	D95-859	14-ago-18	IESA	392	16	
VOLQUETE	ASU-854	14-ago-18	QUICKSA	285	14	
VOLQUETE	AWX-716	14-ago-18	QUICKSA	240	7	
VOLQUETE	F4D-910	14-ago-18	IESA	271	10	
CISTERNA	AVI-726	14-ago-18	CANDELAS	317	14	
VOLQUETE	ANE-921	14-ago-18	QUICKSA	233	19	
VOLQUETE	AST-793	14-ago-18	QUICKSA	288	23	
VOLQUETE	ANF-825	14-ago-18	QUICKSA	320	23	
COASTER	D9J-966	14-ago-18	CHUCCHURANA	382	16	

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

TABLA XLVI. Análisis de CO y NO2 en equipos.

Monóxido de Carbono (CO)	N° Monit.	%
Permisible (<500ppm)	41	93%
No Permisible (>500ppm)	3	17%
Total	44	100%

Fuente: Elaboración propia

5.9.15. Polvo partículas respirables

Uno de los estados físicos más comunes de presentarse los contaminantes en los puestos de trabajo es en forma de materia particulada. Su presencia en la atmósfera de trabajo tiene dos orígenes:

- Una acción primaria, por la que se proyectan porciones de la sustancia o partículas al aire de vecindad inmediata, desde un estado de reposo.

- Una acción secundaria, es ocasionada por partículas o porciones de mayor volumen o tamaño las cuales originan turbulencia en el proceso de tus trayectorias además de arrastrar otras partículas más pequeñas

El proceso de sedimentación respecto a las partículas depende en gran parte de la proporción de su tamaño, es decir cuando su diámetro es mayor las 50 micras tienden a sedimentarse rápidamente por lo contrario las partículas menores de 10 micras presentan una sedimentación mínima. Las partículas con pequeña sedimentación pueden estar suspendidas por un largo tiempo en la atmosfera de trabajo o pueden ser arrastradas a un punto de apartado de su lugar de origen, estas presentan un mayor grado de relevancia referente al punto de vista fisiopatológico puesto que existe una mayor probabilidad de llegar a los alveolos pulmonares en cuando se disminuya su diámetro.

Evaluación de agentes químicos: Evaluación de dosimetría de polvo

TABLA XLVII. Evaluación de agentes químicos dosimetría de polvo.

Diámetro (μm)	Densidad = $1\text{g}/\text{cm}^3$	Densidad = $2\text{g}/\text{cm}^3$	Densidad = $3\text{g}/\text{cm}^3$
100	30	50	120
50	8	16	40
10	0.35	0.7	1.8
5	0.08	0.15	0.45
1	0.003	0.007	0.018

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que se puede determinar que las partículas respirables son las partículas menores a 3 micras, y es esta característica la que presenta un mayor grado de relevancia respecto del punto de vista fisiopatológico, puesto que existe una mayor probabilidad de llegar a los alveolos pulmonares en cuando se disminuya su diámetro. También se conoce a las

partículas respirables como fracción respirable de materia particulada.

5.9.16. Límite Máximo Permisible

El límite máximo permisible viene dado por el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minera DS-024-2016-EM - Anexo N° 15.

Se ha tomado como metodología internacional lo establecido por el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH).

Límites máximos permisibles: Dosimetría en polvo

TABLA XLVIII. Límites máximos permisibles en polvo

Metodología Internacional	Agente Químico
NIOSH 0600	Polvo Respirable

Fuente: Elaboración propia

Concentración de polvo respirable por niveles, medido en campo

Fig. 52. Concentración de Polvo Respirable por Niveles.

HOJA DE MONITOREO DE DOSIMETRÍA DE POLVO PARTÍCULA RESPIRABLE													
LMP(12 HORAS): mg/m3													
AMBIENTE DE TRABAJO	NIVEL	FECHA	FLUJO BOMBA (Lt/Min)	PESO INICIAL PESO FINAL			CONCENTRACIÓN POR FILTRO (mg/m3)			CONCENTRACIÓN (mg/m3)	EVALUACIÓN DE RIESGO		
				P1	P2	P3	C1	C2	C3		A	M	B
Mina - Pablo	4280	23/03/2018	2.5	0.0119 0.012	0.0112 0.0116	0.0113 0.0116	0.250	1.025	0.875	0.717			
Mina - Pablo	4296	23/03/2018	2.5	0.0133 0.0134	0.0126 0.0128	0.0116 0.0123	0.150	0.400	1.700	0.750			
Mina - Pablo	4306	23/03/2018	2.5	0.0120 0.0124	0.0114 0.0115	0.0106 0.0106	1.075	0.250	0.000	0.442			
Mina - Pablo	4322	24/03/2018	2.5	0.0103 0.0135	0.0116 0.0117	0.0119 0.0121	8.025	0.250	0.400	2.892			
Mina - Pablo	4338	24/03/2018	2.5	0.0113 0.0115	0.0135 0.0135	0.0121 0.0123	0.500	0.100	0.575	0.392			
Mina - Pablo	4354	25/03/2018	2.5	0.0127 0.0129	0.0130 0.0132	0.0111 0.0111	0.400	0.500	0.000	0.300			
Mina - Pablo	4370	25/03/2018	2.5	0.0110 0.0112	0.0124 0.0125	0.0119 0.0123	0.400	0.250	1.050	0.567			
Mina - Pablo	4386	25/03/2018	2.5	0.0117 0.0125	0.0116 0.0121	0.0120 0.0122	1.900	1.375	0.550	1.275			
Mina - Pablo	4402	26/03/2018	2.5	0.0111 0.0121	0.0121 0.0125	0.0119 0.0125	2.625	1.000	1.600	1.742			
Mina - Pablo	4280	04/06/2018	2.5	0.0110 0.0112	0.0116 0.0117	0.0115 0.0118	0.525	0.150	0.750	0.475			
Mina - Pablo	4296	04/06/2018	2.5	0.0116 0.0116	0.0128 0.0129	0.0120 0.0121	0.100	0.350	0.325	0.258			
Mina - Pablo	4306	05/06/2018	2.5	0.0101 0.0101	0.0122 0.0124	0.0135 0.0136	0.075	0.400	0.150	0.208			
Mina - Pablo	4322	05/06/2018	2.5	0.0156 0.0158	0.0124 0.0126	0.0117 0.0118	0.600	0.550	0.250	0.467			
Mina - Pablo	4338	05/06/2018	2.5	0.0104 0.0105	0.0130 0.0134	0.0119 0.0120	0.300	0.900	0.350	0.517			
Mina - Pablo	4354	11/06/2018	2.5	0.0115 0.0115	0.0116 0.0118	0.0111 0.0112	0.075	0.600	0.175	0.283			
Mina - Pablo	4370	11/06/2018	2.5	0.0116 0.0118	0.0104 0.0105	0.0139 0.0140	0.450	0.350	0.150	0.317			
Mina - Pablo	4386	12/06/2018	2.5	0.0121 0.0125	0.0111 0.0115	0.0119 0.0119	0.900	0.000	0.125	0.342			
Mina - Pablo	4402	12/06/2018	2.5	0.0118 0.0119	0.0120 0.0121	0.0117 0.0117	0.250	0.350	0.000	0.200			
LEYENDA													
Valores de exposición inferiores o iguales al 50% de los máximos permitidos por el estandar de Referencia (< 0.7 mg/m3)										Tolerable			
Valores de exposición superiores al 50% e inferiores al 100% de los máximos permitidos por el estandar de Referencia (> 0.7 mg/m3 y < 1.5mg/m3)										Moderado			
Valores de exposici3nesuperiores al máximos permitidos por el estandar de Referencia (> 1.5mg/m3)										Intolerable			

Fuente: Elaboración propia.

Con la evaluación realizada se tiene que:

TABLA XLIX: Evaluación realizada

	N° Estac.	%
Permisible (< 3 mg/m3)	16	89%
No Permisible (> 3 mg/m3)	2	11%
Total	18	100%

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

5.9.17. Evaluación de Dosimetría de Polvo en el Personal

Para turnos de trabajo con horarios superiores o diferentes a las 8 horas/día o 40 horas/semanales, requiere una consideración particular si se quiere proteger a estos trabajadores en la misma medida que se hace con los que realizan la Jornada Normal de trabajo, como orientación en la valoración del riesgo en estos casos, se está aplicando el "ModeloBrief Scala (Fc)".

TABLA L. Límites máximos permisibles de partículas respirables

Descripción	Normativa legal	Límite Máximo Permisible TLV-TWA (8 horas)
Partícula Respirables	DS-024-2016-EM	3.00 mg/ m3

Fuente: Elaboración propia

La corrección del Límite Máximo Permisible (LMP: TLV-TWA) para 8 horas/día

Propuesto por este modelo se realiza a través de las siguientes fórmulas:

$$Fc = \left(\frac{8}{hd} \times \frac{24 - hd}{16} \right)$$

Siendo Fc: Factor de corrección

hd: horas/día

**TABLA LI. Parámetros en la evaluación de dosimetría en polvo
(agente químico)**

Metodología internacional	Agente químico
NIOSH 0600	Polvo respirable

Fuente: Elaboración propia

La unidad Pallancata tiene implementado una protección respiratoria de media cara con filtro P100 de marca 3M; por tal razón se calcula el índice de protección del respirador de los puestos que registran concentraciones de polvo con diámetro aerodinámico menor a 4 micras superior al LMP para analizar si con este control implemento se encuentran protegidos.

Para obtener el Índice de Protección se divide la concentración del contaminante por el Límite de Exposición Ocupacional. Luego seleccione un respirador con un factor de protección mayor o igual al índice de protección del respirador:

Índice de Prot. \leq Factor de Prot.

El factor de protección del respirador que vienen usando es PF= 10

En la Tabla LII presentamos la evaluación con proyecto, donde se puede ver que la concentración registrada de partículas respirables excede a los límites máximos permisibles, pero con la aplicación y uso de protección del respirador, tenemos que, con el índice de protección del protector respiratorio, cumple con los límites máximos permisibles. Como una descripción de las actividades cotidianas de los operadores, donde se registra problemas de partículas respirables, cabe señalar que se hizo las medidas correctivas con el protector respiratorio:

La mayor concentración de polvo en partículas respirables es para el Operador de SCCOP el cual realizaba las actividades diarias de operación de traslado del mineral desde las 8:50 pm hasta las 11:00 pm.

Fig. 53. Índice de Protección Respiratoria.

HOJA DE MONITOREO DE DOSIMETRÍA DE POLVO PARTÍCULA RESPIRABLE									
LMP(12 HORAS): 1.5						PSR-HIN14-03			
AMBIENTE DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	ÁREA	FECHA	FLUJO BOMBA (Lt/Min)	CONCENTRACIÓN (mg/m3)	EVALUACIÓN DE RIESGO			NORMATIVA CONSIDERADA
						A	M	B	
Mina - Pablo	AYUDANTE TALADROS LARGOS	MINA	07/07/2018	2.5	0.960				1.- Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo D.S. N° 015-2005 S.A. ANEXO N° 1 "Valores de Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. 2.- Reglamento de Seguridad y Salud Ocu
Mina - Pablo	AYUDANTE AXERA	MINA	07/07/2018	2.5	0.890				
Mina - Pablo	AYUDANTE BOLTER	MINA	07/07/2018	2.5	0.860				
Mina - Pablo	PERFORISTA	MINA	07/07/2018	2.5	1.330				
Mina - Pablo	PERFORISTA 1960	MINA	07/07/2018	2.5	1.450				
Mina - Pablo	OP.SCOOP 460	MINA	07/07/2018	2.5	3.020				
Mina - Pablo	PERFORISTA	MINA	07/07/2018	2.5	1.340				
Mina - Pablo	OPERAR DE ESCAYLER	MINA	08/07/2018	2.5	1.100				
Mina - Pablo	PERFORISTA	MINA	08/07/2018	2.5	0.560				
Mina - Pablo	CARGADOR TALADROS LARGOS	MINA	08/07/2018	2.5	1.460				
Mina - Pablo	AYUDANTE TALADROS LARGOS	MINA	08/07/2018	2.5	1.850				
Mina - Pablo	PERFORISTA	MINA	08/07/2018	2.5	1.120				
Mina - Pablo	AYUDANTE T1D-2	MINA	09/07/2018	2.5	1.050				
Mina - Pablo	PERFORISTA	MINA	09/07/2018	2.5	1.470				
Mina - Pablo	AYUD.MUESTRERO	GEOLOGIA	09/07/2018	2.5	2.460				
Mina - Pablo	MAESTRO DE MUESTRERO	GEOLOGIA	09/07/2018	2.5	1.350				
Mina - Pablo	MAESTRO DE TOPOGRAFO	TOPOGRAFIA	10/07/2018	2.5	1.010				
Mina - Pablo	AYUD. DE TOPOGRAFIA	TOPOGRAFIA	10/07/2018	2.5	0.970				
LEYENDA									
Valores de exposición inferiores o iguales al 50% de los máximos permitidos por el estandar de Referencia (< 0.7 mg/m3)						Tolerable			
Valores de exposición superiores al 50% e inferiores al 100% de los máximos permitidos por el estandar de Referencia (> 0.7 mg/m3 y < 1.5mg/m3)						Moderado			
Valores de exposiciósuperiores al máximos permitidos por el estandar de Referencia (> 1.5mg/m3)						Intolerable			

Fuente: Elaboración propia

TABLA LII. Índice de protección respiratoria

	N° Estac.	%
Permisible (< 3 mg/m3)	15	83%
Moderado (< 3 mg/m3)	2	11%
No Permisible (> 3 mg/m3)	1	6%
Total	18	100%

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

5.9.18. Dosimetría de sílice libre cristalino tipo cuarzo

La exposición a la sílice libre cristalino sigue siendo un grave peligro para el personal, ya que están expuestos al riesgo como por ejemplo el proceso de limpieza de residuos, orientando el trabajo a la talladura de piedra, perforación de rocas y las labores llevadas a cabo en canteras y túneles.

En las actividades de chorros de arena y perforación de rocas, se muestran indicadores de índices de gravedad, actividades con exposición a sílice, lo cual causa enfermedad y hasta los riesgos de mortalidad.

TABLA LIII. Metodología de monitoreo – Dosimetría en sílice L.C.

Tipo de evaluación	Agente de riesgos	Metodologías
Dosimetría	Sílice Libre Cristalino	NIOSH 7500

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

TABLA LIV. Límites máximos permisibles en sílice

Descripción	Normativa Legal	Límite Máximo Permisible TLV-TWA (8 horas)
Sílice libre cristalino (Fracción Cuarzo)	DS-024-2016-EM	0.05 mg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Para turnos de trabajo con horarios superiores a las 8 horas diarias laborales o 40 horas semanales, se necesita asegurar la protección del personal, con el fin de orientar el control de riesgos haciendo uso del "Modelo Brief Scala (Fc)".

La corrección del Límite Máximo Permisible (LMP: TLV-TWA) para 8 horas/día propuesto por este modelo se realiza a través de las siguientes fórmulas:

$$Fc = \left(\frac{8}{hd} \times \frac{24 - hd}{16} \right)$$

Siendo Fc: Factor de corrección

hd: horas/día

Parámetros Críticos de Exposición

Fig. 54. Concentración de Polvo Inhalable por Ocupación.

Criticidad	Índice de exposición
1	Dosis de exposición del contaminante menor a 25% del límite máximo permisible.
2	Dosis de exposición del contaminante mayor o igual al 25% pero menor al 50% del límite máximo permisible.
3	Dosis de exposición del contaminante mayor o igual al 50% pero menor al del límite máximo permisible.
4	Dosis de exposición del contaminante mayor o igual al límite máximo permisible pero menor a 8 veces el dicho límite.
5	Dosis mayor o igual a 8 veces el límite máximo permisible.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA LV. Resultado de monitoreos

Area	Lugar	Puesto de Trabajo	Turno	Punto de Monitoreo	Concentración registrada (mg/m ³)
U.O. Pallancata	Zona	Op. Jumbo Cía	Noche	M-1	0,019
U.O. Pallancata	Zona	Op. Scoop. IESA	Noche	M-2	0,038

Fuente: Compañía Minera Ares SAC

La sílice libre cristalino o dióxido de silicio cristalizado registrado es debido al tipo de roca que están tratando, por lo tanto, este contiene en su estructura partículas de Sílice que al momento de la perforación o voladura expulsan

polvillo que son inhaladas por los trabajadores de estos puestos.

5.9.19. Evaluación de agentes físicos, análisis de temperatura por niveles

Veta “Pablo”: noviembre 2018

“**Artículo 252.-** Según este artículo se requiere efectuar las evaluaciones integrales del sistema de ventilación en una empresa minera, donde el responsable de dicha evaluación es el especialista en ventilación.

Para mantener un grado de temperatura adecuado en el lugar de trabajo, se requiere considerar en el cálculo del requerimiento del aire a una velocidad mínima de 30 metros por minuto, todo ellos cuando el nivel de temperatura se encuentre en el rango de 24° centígrados hasta 29° centígrados.

➤ Análisis de Temperatura en el Nivel 4280

TABLA LVI. Análisis de temperatura nivel 4280 Veta Pablo

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	19.11	19.11	
2	EVS-02	19.09	19.09	
TOTAL			2	0
%			100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

➤ Análisis de Temperatura en el Nivel 4296

TABLA LVII. Análisis de temperatura nivel 4296 Veta Pablo

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	19.54	19.54	
2	EVS-02	20.19	20.19	
3	EVS-03	20.60	20.60	
4	EVS-04	20.20	20.20	
5	EVS-05	19.33	19.33	
6	EVS-06	21.50	21.50	
7	EVS-07	20.68	20.68	
TOTAL			7	0
%			100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de Temperatura en el Nivel 4306**

TABLA LVIII. Análisis de temperatura nivel 4306 Veta Pablo

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	21.10	21.10	
2	EVS-02	19.30	19.30	
3	EVS-03	20.92	20.92	
4	EVS-04	20.93	20.93	
5	EVS-05	21.03	21.03	
6	EVS-06	20.52	20.52	
7	EVS-07	21.22	21.22	
8	EVS-08	21.86	21.86	
9	EVS-09	21.84	21.84	
10	EVS-10	22.02	22.02	
11	EVS-11	23.26	20.76	
12	EVS-12	21.02	21.20	
13	EVS-13	22.80	22.80	
14	EVS-14	22.00	22.00	
15	EVS-15	20.80	20.80	
16	EVS-16	20.60	20.60	
17	EVS-17	21.10	21.10	
TOTAL			17	0
%			88.2%	11.8%

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de Temperatura en el Nivel 4322**

TABLA LIX. Análisis de temperatura nivel 4322 Veta Pablo

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	20.00	20.00	
2	EVS-02	18.00	18.00	
3	EVS-03	18.90	18.90	
4	EVS-04	19.40	19.40	
5	EVS-05	19.50	19.50	
6	EVS-06	18.30	18.30	
7	EVS-07	18.60	18.60	
8	EVS-08	8.90	8.90	
9	EVS-09	7.30	7.30	
10	EVS-10	5.90	5.90	
11	EVS-11	5.40	5.40	
12	EVS-12	5.20	5.20	
13	EVS-13	6.00	6.00	
14	EVS-14	2.30	2.30	
15	EVS-15	2.10	2.10	
16	EVS-16	6.80	6.80	
TOTAL			16	0
%			100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de Temperatura en el Nivel 4338**

TABLA LX. Análisis de temperatura nivel 4338 Veta Pablo

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	18.90	18.90	
2	EVS-02	19.40	19.40	
3	EVS-03	20.20	20.20	
4	EVS-04	21.10	21.10	
5	EVS-05	19.70	19.70	
6	EVS-06	16.30	16.30	
7	EVS-07	16.60	16.60	
8	EVS-08	17.90	17.90	
9	EVS-09	18.80	18.80	
10	EVS-10	20.80	20.80	
11	EVS-11	18.70	18.70	
12	EVS-12	16.50	16.50	
TOTAL			12	0
%			100.0%	0.0%

Fuente: elaboración propia

➤ **Análisis de Temperatura en el Nivel 4354**

TABLA LXI. Análisis de temperatura nivel 4354 veta Pablo

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	19.40	19.40	
2	EVS-02	13.10	13.10	
3	EVS-03	12.80	12.80	
4	EVS-04	19.40	19.40	
5	EVS-05	17.70	17.70	
TOTAL			5	0
%			100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de Temperatura en el Nivel 4370**

TABLA LXII. Análisis de temperatura nivel 4370 Veta Pablo

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	19.31	19.31	
2	EVS-02	17.98	17.98	
3	EVS-03	19.29	19.29	
4	EVS-04	18.37	18.37	
5	EVS-05	18.08	18.08	
6	EVS-06	18.22	18.22	
7	EVS-07	18.29	18.29	
8	EVS-08	17.94	17.94	
9	EVS-09	18.50	18.50	
10	EVS-10	17.92	17.92	
11	EVS-11	14.88	14.88	
12	EVS-12	14.02	14.02	
13	EVS-13	14.50	14.50	
14	EVS-14	17.04	17.04	
15	EVS-15	16.21	16.21	
16	EVS-16	16.73	16.73	
17	EVS-17	17.20	17.20	
18	EVS-18	17.17	17.17	
19	EVS-19	17.16	17.16	
20	EVS-20	18.50	18.50	
21	EVS-21	18.40	18.40	
TOTAL			21	0
%			100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de Temperatura en el Nivel 4386**

TABLA LXIII. Análisis de temperatura nivel 4386 Veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	20.20	20.20	
2	EVS-02	19.70	19.70	
3	EVS-03	19.40	19.40	
4	EVS-04	19.60	19.60	
5	EVS-05	21.30	21.30	
6	EVS-06	20.20	20.20	
7	EVS-07	20.60	20.60	
8	EVS-08	19.90	19.90	
9	EVS-09	20.00	20.00	
10	EVS-10	20.60	20.60	
11	EVS-11	20.70	20.70	
12	EVS-12	20.30	20.30	
13	EVS-13	20.10	20.10	
14	EVS-14	20.20	20.20	
15	EVS-15	19.50	19.50	
TOTAL			15	0
%			100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de Temperatura en el Nivel 4402**

TABLA LXIV. Análisis de temperatura nivel 4402 Veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estac.	Temperatura		
		°C	Permisible (<23 °C)	No Permisible (>23°)
1	EVS-01	20.32	20.32	
2	EVS-02	20.67	20.67	
3	EVS-03	20.78	20.78	
4	EVS-04	19.76	19.76	
5	EVS-05	20.66	20.66	
6	EVS-06	20.97	20.97	
7	EVS-07	20.72	20.72	
8	EVS-08	21.94	21.94	
9	EVS-09	23.92	21	
10	EVS-10	22.03	22.03	
TOTAL			10	0
%			100.0%	00.0%

Fuente: Elaboración propia

TABLA LXV. Análisis de temperatura global Veta Pablo

TOTAL	105	0
%	100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

5.9.20. Análisis de Velocidades por Niveles Zona “Pablo”: noviembre 2018

Artículo 248.- Donde se señala que cuando la velocidad del aire se encuentra a menos de veinte metros por minuto (20 m/min), tampoco superior a 250 metros por minuto (250m/min), en lo que se refiere a las labores de exploración ANFO, junto a otros agentes de voladura, por lo que la velocidad del aire no es menor.

En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) en las labores de explotación, incluido el desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min).

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4280**

TABLA LXVI. Análisis de velocidades nivel 4280 Veta Pablo

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	20.7		20.7	
2	EVS-02	21.8		21.8	
TOTAL			0	2	0
%			0.0%	100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4296.**

TABLA LXVII. Análisis de velocidades nivel 4296 Veta Pablo: Noviembre 2018

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	17.5	17.5		
2	EVS-02	16.6	16.6		
3	EVS-03	21.4		21.4	
4	EVS-04	18.2	18.2		
5	EVS-05	22.1		22.1	
6	EVS-06	11.3	11.3		
7	EVS-07	14.2	14.2		
TOTAL			05	02	0
%			71.0%	29.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4306**

TABLA LXVIII. Análisis de velocidades nivel 4306 Veta Pablo

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	12.1	12.1		
2	EVS-02	13.9	13.9		
3	EVS-03	19.0	19.0		
4	EVS-04	21.3		21.3	
5	EVS-05	22.1		22.1	
6	EVS-06	20.5		20.5	
7	EVS-07	23.5		23.5	
8	EVS-08	21.1		21.1	
9	EVS-09	10.0	10.0		
10	EVS-10	17.3	17.3		
11	EVS-11	21.2		21.2	
12	EVS-12	10.3	10.3		
13	EVS-13	16.4	16.4		
14	EVS-14	10.7	10.7		
15	EVS-15	14.8	14.8		
16	EVS-16	24.3		24.3	
17	EVS-17	26.3		26.3	
TOTAL			9	8	0
%			53.0%	47.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4322**

TABLA LXIX. Análisis de velocidades nivel 4322 Veta Pablo

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	23.4		23.7	
2	EVS-02	27.5		27.5	
3	EVS-03	34.3		34.3	
4	EVS-04	27.3		27.3	
5	EVS-05	17.9	17.9		
6	EVS-06	55.0		55.0	
7	EVS-07	74.8		74.8	
8	EVS-08	78.1		78.1	
9	EVS-09	76.4		76.4	
10	EVS-10	108.7		108.7	
11	EVS-11	18.9	18.9		
12	EVS-12	22.1		22.1	
13	EVS-13	21.2		21.2	
14	EVS-14	19.3	19.3		
15	EVS-15	23.0		23.0	
16	EVS-16	25.2		25.2	
TOTAL			3	13	0
%			81.0%	19.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4338**

TABLA LXX. Análisis de velocidades nivel 4338 Veta Pablo

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	21.1		21.1	
2	EVS-02	21.5		21.5	
3	EVS-03	21.3		21.3	
4	EVS-04	22.5		22.5	
5	EVS-05	25.2		25.2	
6	EVS-06	22.7		22.7	
7	EVS-07	24.7		24.7	
8	EVS-08	29.2		29.2	
9	EVS-09	23.6		23.6	
10	EVS-10	22.1		22.1	
11	EVS-11	26.8		26.8	
12	EVS-12	20.9		20.9	
TOTAL				12	0
%			0.00%	100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4354**

TABLA LXXI. Análisis de velocidades nivel 4354 Veta Pablo

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	25.7		25.7	
2	EVS-02	20.6		20.6	
3	EVS-03	19.2	19.2		
4	EVS-04	19.0	19.0		
5	EVS-05	23.6		23.6	
TOTAL			2	3	0
%			40.0%	60.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4370**

TABLA LXXII. Análisis de velocidades nivel 4370 Veta Pablo

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	24.2		24.2	
2	EVS-02	20.1		20.1	
3	EVS-03	22.7		22.7	
4	EVS-04	26.5		26.5	
5	EVS-05	22.8		22.8	
6	EVS-06	22.5		22.5	
7	EVS-07	21.8		21.8	
8	EVS-08	24.8		24.8	
9	EVS-09	22.5		22.5	
10	EVS-10	24.8		24.8	
11	EVS-11	26.5		26.5	
12	EVS-12	25.9		25.9	
13	EVS-13	50.4		50.4	
14	EVS-14	27.1		27.1	
15	EVS-15	86.8		86.8	
16	EVS-16	87.6		87.6	
17	EVS-17	88.5		88.5	
18	EVS-18	97.5		97.5	
19	EVS-19	89.4		89.4	
20	EVS-20	91.6		91.6	
21	EVS-21	96.5		96.5	
TOTAL			0	21	0
%			00.0%	100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4386**

TABLA LXXIII. Análisis de velocidades nivel 4386 Veta Pablo

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	14.4	14.4		
2	EVS-02	17.6	17.6		
3	EVS-03	16.4	16.4		
4	EVS-04	15.8	15.8		
5	EVS-05	17.6	17.6		
6	EVS-06	17.7	17.7		
7	EVS-07	15.8	15.8		
8	EVS-08	16.9	16.9		
9	EVS-09	21.8		21.8	
10	EVS-10	24.4		24.2	
11	EVS-11	15.9	15.9		
12	EVS-12	24.5		24.5	
13	EVS-13	22.7		22.7	
14	EVS-14	21.5		21.5	
15	EVS-15	22.4		22.4	
TOTAL			9	6	0
%			60.0%	40.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis de Velocidades en el Nivel 4402**

TABLA LXXIV. Análisis de velocidades nivel 4402 Veta Pablo

N°	Estac.	Velocidad			
		m/min	No Permisible (<20 m/min)	Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	No Permisible (>250 m/min)
1	EVS-01	18.5	18.5		
2	EVS-02	14.7	14.7		
3	EVS-03	15.6	15.6		
4	EVS-04	17.1	17.1		
5	EVS-05	15.7	15.7		
6	EVS-06	14.8	14.8		
7	EVS-07	20.8		20.8	
8	EVS-08	25.1		25.1	
9	EVS-09	16.3	16.3		
10	EVS-10	49.2		49.2	
TOTAL			0	10	0
%			00.0%	100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

TABLA LXXV. Resumen de análisis de velocidades

	N° Estac.	%
No Permisible (<20 m/min)	30	29%
Permisible (>20 m/min, <250 m/min)	75	71%
No Permisible (>250 m/min)	0	0%
Total	105	100%

Fuente: Elaboración propia.

5.10. Herramientas de gestión para el control de agentes químicos y físicos.

5.10.1. Plan de acción: Dosimetría de polvo

Una de las medidas a tomar para realizar el plan de acción con oportunidades de mejora, se dan mediante el formato de plan de acción a realizar con la programación de inspecciones y/o monitoreos (para este caso), donde se determina el problema, cuál será el plan de acción a seguir,

el área o personal especializado que lo liderará y el cronograma de ejecución.

Fig. 55. Plan de Acción de Oportunidades de Mejora.

PLAN DE ACCIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA			
Plan de acción referido a:			
Inspecciones/Monitoreos	<input checked="" type="checkbox"/>	Accidentes e incidentes	<input type="checkbox"/>
		Observaciones de tareas	<input type="checkbox"/>
		Otros:.....	
PREOCUPACION	QUE	QUIEN	CUANDO
01 puesto evaluado en polvo Respirable se encuentran sobre el límite máximo permisible de acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minera DS-024-2016-EM - Anexo N° 15.	Capacitar al personal sobre protección respiratoria y uso adecuado de respirador.	Alexander Mamani Ramos Higiene Industrial.	Según Programación
	Se recomienda regar la carga después de la voladura para mitigar la	Jose Jimenez Laura Mina	Permanente
	Continuar con las dosimetrías de Polvo Respirable de acuerdo al programa de monitoreos de Higiene Industrial.	Alexander Mamani Ramos Higiene Industrial.	De acuerdo al programa de monitoreos

Fuente: Compañía Minera Ares S.A.C

5.10.2. Registro SUNAFIL junio 2018

El ministerio de trabajo y promoción del empleo, realiza los monitoreos periódicamente en la Compañía Minera Ares S.A.C., donde se registran los monitoreos de agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales y factores de riesgo ergonómicos. En la figura 70 se denota que el monitoreo refleja que los resultados de polvo respirable se encuentran por debajo del límite máximo permisible, el cual se rige de acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias de acuerdo al DS 024-2016-EM, en el anexo N° 15.

Fig. 56.Registro SUNAFIL diciembre 2018

N° REGISTRO:		REGISTRO DEL MONITOREO DE AGENTES FÍSICOS, QUÍMICOS, BIOLÓGICOS, PSICOSOCIALES Y FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICOS		
DATOS DEL EMPLEADOR:				
RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	RUC	DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia)	ACTIVIDAD ECONÓMICA	N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL
Unidad Operativa Pallancata - Minera Ares SAC Asociado a HOCHSCHILD MINING	20192779333	Coronel Castañeda, en la provincia de Parí, departamento de Ayacucho Sin Numero	Minería	1211
DATOS DEL MONITOREO				
ÁREA MONITOREADA	FECHA DEL MONITOREO	INDICAR TIPO DE RIESGO A SER MONITOREADO (AGENTES FÍSICOS, QUÍMICOS, BIOLÓGICOS, PSICOSOCIALES Y FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICOS)		
Personal Mina	Junio del 2018	AGENTE DE RIESGO QUÍMICO: Polvo Respirable e Inhalable		
CUENTA CON PROGRAMA DE MONITOREO (SÍ/NO)	FRECUENCIA DE MONITOREO	N° TRABAJADORES EXPUESTOS EN EL CENTRO LABORAL		
SÍ	De acuerdo al programa de monitoreos	1211		
NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN QUE REALIZA EL MONITOREO (De ser el caso)				
Compañía Minera Ares S.A.C.				
RESULTADOS DEL MONITOREO				
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>Desviación de Polvo Partículas Respirables</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Desviación de Polvo Partículas Inhalables</p> </div> </div>				
DESCRIPCIÓN DE LAS CAUSAS ANTE DESVIACIONES PRESENTADAS				
1.- Los resultados de polvo respirable e inhalable evaluados se encuentran debajo del límite máximo permisible de acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minera DS-024-2016-EM - Anexo N° 15.				
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE LOS RESULTADOS DEL MONITOREO				
1.- Se recomienda continuar con las mediciones periódicas por lo menos una vez al año. 2.- Capacitar al personal en protección respiratoria y uso adecuado de respirador. 3.- Se recomienda regar la carga después de la voladura para mitigar la presencia de polvo en el ambiente de trabajo.				
ADJUNTAR :				
RESPONSABLE DEL REGISTRO				
Nombre:	Alexander Rinaldo Mamani Ramos			
Cargo:	Supervisor de Higiene Industrial			
Fecha:	Junio, 2018			
Firma:				

Fuente: Compañía Minera Ares SAC.

CAPITULO 6

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

6.1. Cálculo de Eficiencia de la ventilación

6.1.1. Balance de ventilación - Setiembre 2018

En la tabla LXIII podemos ver que sin la implementación de la chimenea RC-04, la cobertura de ventilación es de 33%, teniendo un déficit de 359,483 cfm, en la tabla X podemos ver que con la implementación de la chimenea y arreglos de las tomas de aire exteriores tenemos que la cobertura de Q es de 102%, por lo que hay un súper habit.

TABLA LXXVI. Distribución de requerimientos Q

Distribución Requerimientos	m3/min	Cfm
QTr: Personas (164 trabajadores)	984	34,750
QMa: Consumo de Madera (<20%)	-	-
QTe: Temperatura en Labores (<24 °C)	0	0
QEq: Equipos Diesel (47 equipos; 11,204 HP)	12,260	432,960
Caudal Requerido QT1 = QTr+Qma+Qte+Qeq	13,244	467,710
QFu: Caudal Requerido por Fugas (15%*Qto)	1,987	70,156
Caudal Requerido Qto=QT1+Qfu	15,231	537,866
Balance Total de Aire		
Caudal de Aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	15,231	537,866
Ingreso de aire a mina RB – 01 PABLO	5,051	178,383
Salida de aire RC – 02 PABLO	5,025	177,472
Cobertura (%)		33
Déficit (cfm)		359,483

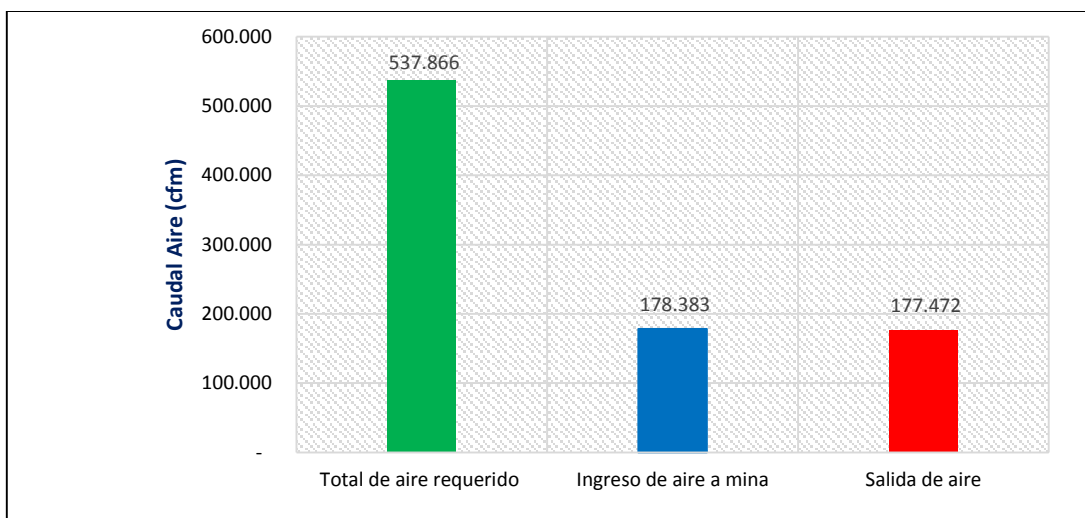
* No se considera el requerimiento de voladura, por ser menor a requerimiento diésel

Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia

Resumen	cfm	%
Total ingreso	178,383	100.51
Total salida	177,472	100.00
Desbalance final (+)	911	0.51

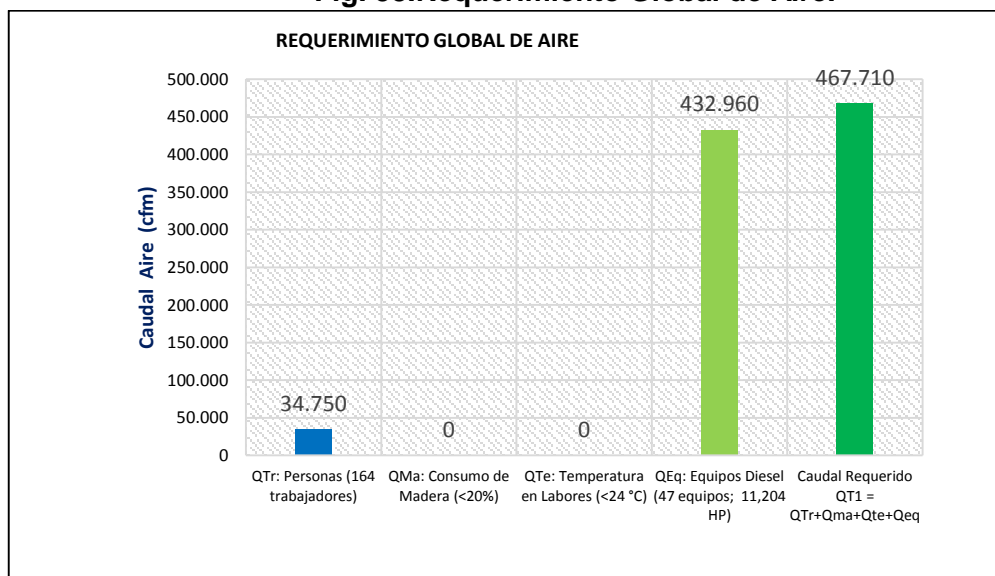
Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

Fig. 57. Aire Requerido, Ingreso y Salida de Mina



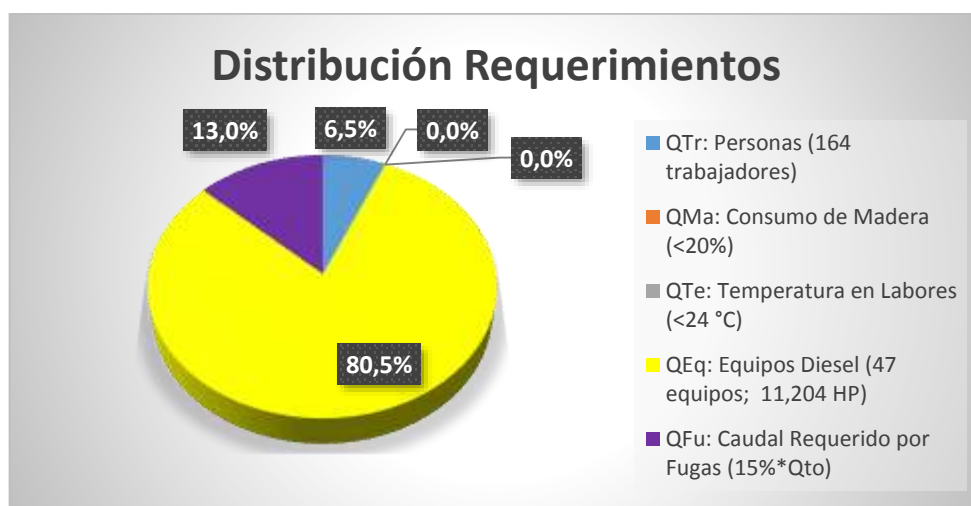
Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

Fig. 58.Requerimiento Global de Aire.



Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

Fig. 59.Diagrama de Requerimiento Comparativo en Q.



Fuente: Compañía Minera Ares SAC y elaboración propia.

6.1.2. Detección de Fallas y Acciones de Mejora al Sistema de Ventilación

Principal Veta Pablo

➤ Empalmes del Ventilador a los Silenciadores

Las bridas del equipo, no cuentan con cierre hermético, de los silenciadores y el ventilador, provocando fuga de aire y pérdida de presión, está trabajando con recirculación del aire de superficie.

Estatus de Ventilador 150,000 CFM – RC 2 “Pablo”

Fig. 60. Requerimiento de Caudales por el Consumo de Madera.



Fuente. Elaboración propia.

- **Acción correctiva:** Es necesario que el acople metálico considere bridas de empalme, asegurando evitar fugas innecesarias. Usar driza o cordón de nylon, al momento del ajuste en las bridas, para asegurar un hermetizado al 100%.

a. Ductos Auxiliares del Ventilador – Admisión y Salida

El ducto de admisión del ventilador (codo metálico), conectado al silenciador, no es original, el cual está ocasionando mayor resistencia por fricción y choque, este diseño debe ser modelado en 3D en Ansys, considerando las placas deflectoras de aire al sistema de admisión. Esta ocasiona mayor consumo de energía eléctrica (mayor amperaje).

Este ducto sufrirá deterioro prematuro por la calidad del material. Pudiendo ser succionado el material roto, averiar el motor y partes del ventilador.

Ventilador de 150 kcfm Airtec con silenciadores Tomocorp

Fig. 61.Ventilador de 150 cfm Airtec con Silenciadores Tomocorp.



Fuente: Elaboración propia.

- **Acción correctiva:** Una medida reduzca el deterioro del ventilador, se le dio un baño de pintura epóxica, por dentro y fuera, y se estableció una infraestructura metálica adecuada de revestimiento.

b. Codificación - señalización

El ventilador, no cuenta con señalización técnica: Caudal (cfm), Potencia (HP Nominal), Presión (PT "C.A.), diámetro del cilindro (pulg.); Ubicación y nivel de trabajo.

Acción correctiva: Implementar y señalizar el ventilador, reforzar el cerco perimétrico, la puerta de supervisión y equipo pesado, con marcos y candado. Plan de mantenimiento de los silenciadores y limpieza de sus partes, según las especificaciones del fabricante.

c. Accesibilidad para el control del ventilador – bornera

Para ejecutar mediciones y ajustes al equipo, no cuenta con plataforma de seguridad

Acción correctiva: Requiere diseñar una plataforma metálica para acceder al control de los cables eléctricos (bornera), ajuste de pernos a las bridas (perimetral).

d. Procesos que afectan el proceso de ventilación en la mina y medidas correctivas

a. Instalación de mangas

- Paso uno. Evaluación e inspección de los procesos en mina; revisando el desate de rocas y chequeando la ventilación con el fósforo si hay oxígeno o no.
- Paso dos. ubicación de taladros y tendido de cable mensajero; instalar los tacos en los taladros junto con el alambre N° 10 tendido desde el ventilador hasta 20 mts del frente
- Paso tres. Traslado de mangas de ventilación; que tengan la longitud requerida y diámetro diseñado, tendido en las actividades y ajustando a sus diseños establecidos.
- Paso cuatro. Instalación de las mangas, donde en primer lugar se empalma el embudo, fijando el alambre N°8, orientado en la determinada sección del embudo del ventilador, para posteriormente ajustar las mangas a las escaleras tijeras, en los alambres de amarre N° 12 a 16 deteniendo las hojuelas del alambre mensajero.
- Paso quinto. Puesta en marcha del ventilador: Encendido el ventilador e inspección de la correcta instalación de las mangas y aplicar acciones correctivas si fuere el caso realizando las correcciones del caso.
- Paso sexto. Acciones de contingencia: Detener la instalación si es deficiente el nivel de oxígeno y ventilar con aire comprimido.

Se debe utilizar cable mensajero por las siguientes razones:

- Garantizar la calidad del montaje.
- Minimizar el riesgo de accidentes por instalación.

- Lograr mantener la forma de la manga.
- Evitar su estrangulación por mala ubicación.

Capacitación especializada en mangas (componentes, funciones, buenas prácticas) para así evitar malas prácticas, lo cual afectan éstas al ambiente de trabajo a ventilar y al funcionamiento del ventilador.

b. Tableros de Identificación de ventiladores

Para conocer la ubicación y las condiciones en las que estuvo trabajando, teniendo un registro histórico de cada equipo, al igual que el caso anterior se recomienda implementar tableros de identificación de cada ventilador, que operen en superficie o interior mina, indicando su código interno, el caudal nominal, emisión de ruido en decibeles y la potencia real del ventilador a cota de trabajo,

Además, cada ventilador debe tener un horómetro operativo con el objetivo de:

- Conocer cuántas horas trabaja mensualmente.
- Conocer el costo de energía de ventilación, secundaria y auxiliar.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo.

c. Instalación y ubicación de ventiladores

Para el funcionamiento apropiado del equipo, evitando vibraciones excesivas durante el arranque y su operación; El anclaje y/o estructura de soporte del ventilador es esencia. La evaluación en el campo se observó que los ventiladores extractores secundarios y auxiliares carecen de sus dispositivos de reducción de vibración, y otros no disponen de dispositivos de anclaje.

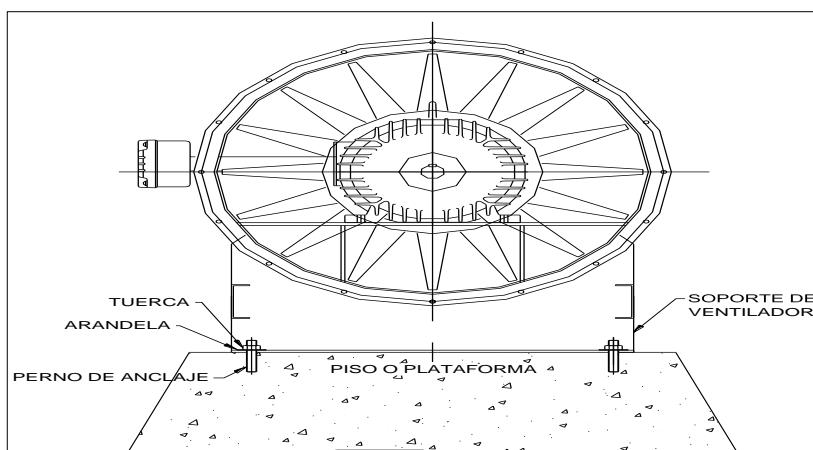
- **Acción correctiva:** Por su envergadura se recomienda que todos los ventiladores secundarios deben tener una base bien diseñada, deberá ser plana, nivelada, suficientemente rígida para asegurar que la frecuencia de vibración natural de la base sea estable y suficientemente separada de la frecuencia de vibración natural rotacional del ventilador; esta debe tener un peso aproximado de

3 a 5 veces el peso del equipo.

Es requisito indispensable que todo ventilador que se encuentre en operación deberá tener sus dispositivos de sujeción y deberán estar anclados siguiendo el estándar indicado en las imágenes siguientes:

Instalación típica de ventilador en plataforma

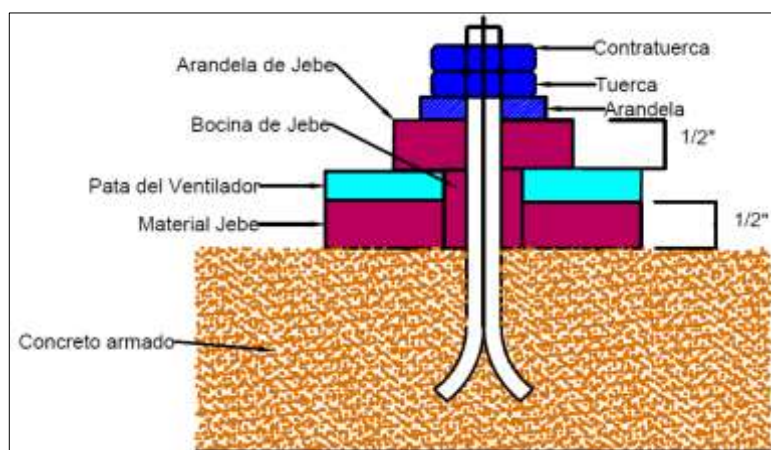
Fig. 62.Instalación Típica de Ventilador de Plataforma.



Fuente: Compañía Minera Ares SAC

Detalle de anclaje de ventilador

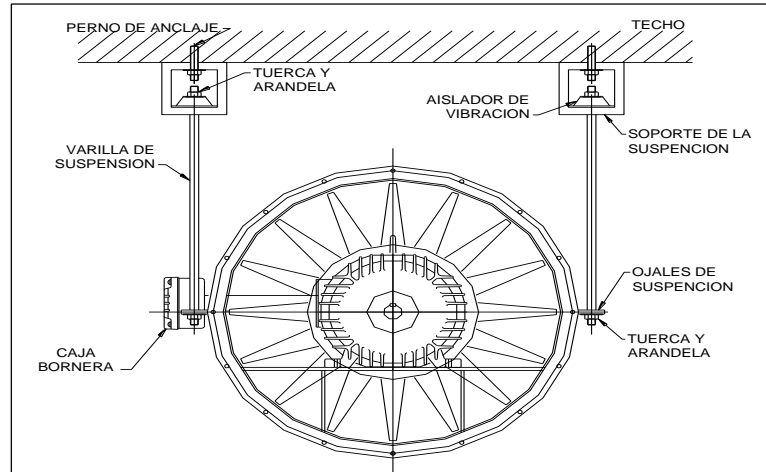
Fig. 63.Detalle de Anclaje de Ventilador.



Fuente: Compañía Minera Ares SAC

Detalle de anclaje superior

Fig. 64.Instalación Típica de Ventilador Suspendido en el Techo.



Fuente: Compañía Minera Ares SAC.

d. Chimeneas de ventilación

Se deben minimizar las pérdidas de choque por recirculación y turbulencia en la succión de las chimeneas. Cuando diseñamos las labores se deben suavizar la intersección de las chimeneas con las labores horizontales, de tal forma que este cambio brusco de dirección se de en forma gradual.

En general para la mina se tiene que las pérdidas de choque aumentan el factor de consumo energético actual, existiendo la probabilidad de aumentar la garantía en el funcionamiento, y por lo tanto la reducción de pérdidas, al prevenir la construcción de chimeneas no realmente son necesarias.

6.2. Medidas correctivas en el sistema de ventilación

- Para fines en el mantenimiento y el seguimiento del funcionamiento de los ventiladores, se habilitó accesos seguros a los ventiladores secundarios.
- La sección típica de labor de mina Pallancata, no satisfacía los espacios requeridos, ya que cuando se moviliza el equipo, lleva a rozar la manga de ventilación; con el tiempo generará un desgaste en la manga, una pérdida de presión aún mayor. Por lo que se realizó una redistribución y amplitud de áreas.
- En los ventiladores:
 - Se estableció una inspección periódica,
 - Mantenimiento mecánico y eléctrico mensual para evitar daños a la carcasa, alabes u otros.
 - Reportar los daños a fin de evitar accidentes o deficiencias en la ventilación.
- Como medida preventiva, priorizar la ventilación en los tajos y frentes de avance.
- Se tiene al alcance la data topográfica actualizada, así como también labores antiguas que se utilizan como circuito principal de salida de aire.
- Se está realizando el modelamiento en 3D, calibrado a un 90%, que asegure confiabilidad, para diseñar las alternativas que dispone el área de Planeamiento y Mina.
- De acuerdo al déficit presentado anteriormente en el año 2018, se construye una chimenea adicional el cual brinda un superávit en la ventilación.
- Es importante el soporte del área de Geo mecánica de la mina Pallancata, para distinguir el macizo rocoso sobre un valor mayor de 30 RMR, y lanzar las

chimeneas a superficie, que se realiza por el método Raise Boring, en base al caudal proyectado se estima llegar a un valor no mayor de 450,000 cfm, y así llegar a este valor óptimo, será necesario minimizar el uso de equipos Diesel que emitan gases tóxicos sobre los 500 ppm (equipos ecológicos) y mejorar el uso del combustible de mayor calidad Diesel calidad 4 o 5.

6.3. Identificación de peligros, evaluación de riesgos y control de riesgos - línea base de salud e higiene

De acuerdo a la identificación de los peligros y evaluación de riesgos encontrados en la operación se colocaron el grado de peligrosidad, en las siguientes matrices de IPERC, ver anexo 3.

TABLA LXXVII. Matriz de identificación de peligros, evaluación y control de riesgo de salud e higiene industrial- línea base.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS DE SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL - LINEA BASE

GRUPOS HOMOGENIOS DE RIESGOS	AREA	CARGO
	MINA	JEFE DE GUARDIA MINA
		JEFE DE SERVICIOS AUXILIARES MINA
		INGENIERO DE VENTILACIÓN
		SUPERVISOR DE MINA
		PERFORISTA
		MAESTRO DE MINA
		BOMBERO MINA
		OPERADOR EQUIPO 1RA
		OPERADOR DE EQUIPO PESADO
		AYUDANTE DE PERFORISTA
		AYUDANTE DE SERVICIOS
		AYUDANTE DE MINA
		AYUDANTE

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

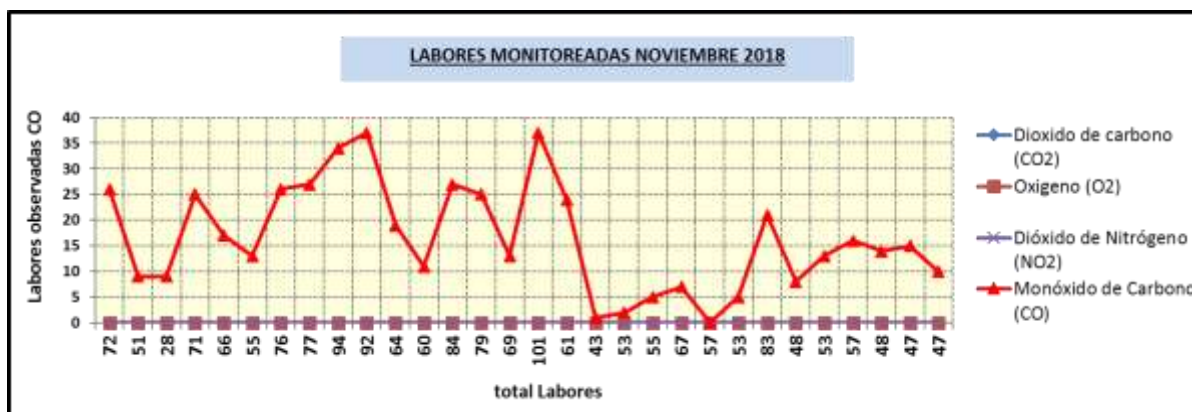
6.4. Monitoreos realizados de concentraciones de gas en Pablo

TABLA LXXVIII. Monitoreo realizados de concentraciones de gas en Pablo.

RESUMEN DE MONITOREOS DE GASES EN LABORES															
FECHA	REALIZADOS			OBSERVADOS											
				Monóxido de Carbono (CO)			Dióxido de carbono (CO2)			Oxígeno (O2)			Dióxido de Nitrógeno (NO2)		
	Turno		Total	Turno		Total	Turno		Total	Turno		Total	Turno		Total
	Día	Noche		Día	Noche		Día	Noche		Día	Noche		Día	Noche	
01/11/2018	37	35	72	13	13	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/11/2018	23	28	51	1	8	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/11/2018	28	0	28	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/11/2018	40	31	71	17	8	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/11/2018	29	37	66	7	10	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/11/2018	19	36	55	5	8	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/11/2018	33	43	76	11	15	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/11/2018	35	42	77	15	12	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/11/2018	39	55	94	15	19	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/11/2018	39	53	92	14	23	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/11/2018	24	40	64	0	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/11/2018	27	33	60	0	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/11/2018	55	29	84	23	4	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/11/2018	49	30	79	19	6	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/11/2018	37	32	69	3	10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/11/2018	46	55	101	17	20	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/11/2018	34	27	61	4	20	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/11/2018	20	23	43	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/11/2018	26	27	53	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/11/2018	30	25	55	3	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/11/2018	34	33	67	6	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/11/2018	30	27	57	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/11/2018	30	23	53	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/11/2018	51	32	83	16	5	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/11/2018	25	23	48	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/11/2018	25	28	53	6	7	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/11/2018	34	23	57	7	9	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/11/2018	25	23	48	6	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/11/2018	22	25	47	8	7	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/11/2018	23	24	47	6	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

Fig. 65. Monitoreos Realizados de Concentraciones de Gas en Pablo



Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

TABLA LXXIX. Monitoreos noviembre realizado en minera ARES.

TOTAL	Realizados	Observados CO	Observados CO ₂	Observados O ₂	Observados NO ₂
	1911	496	0	0	0

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

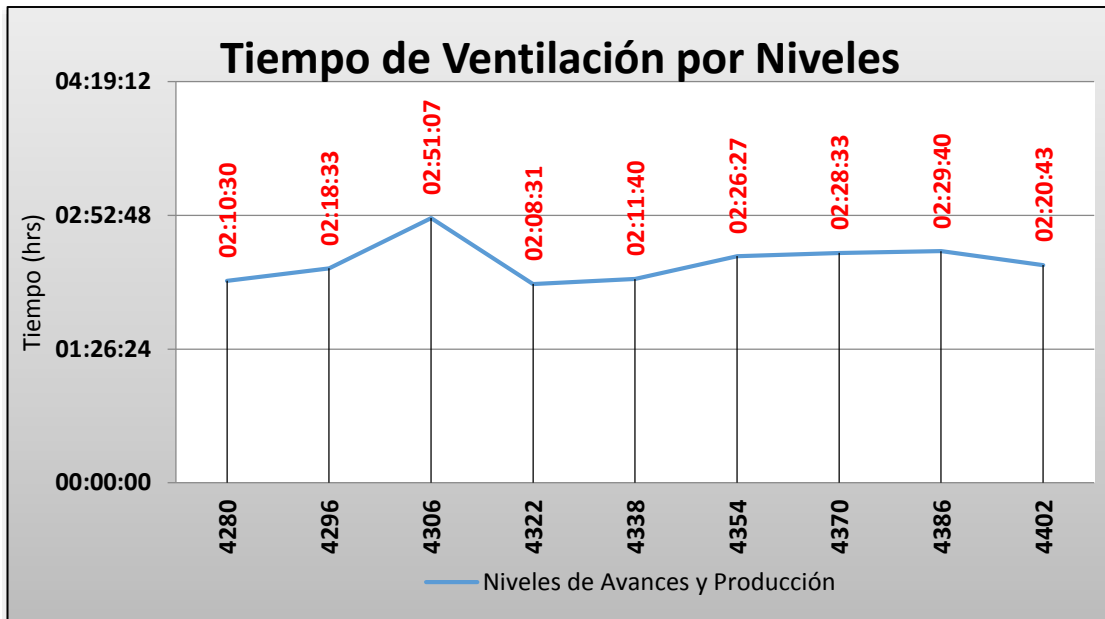
6.5. Tiempo de liberación de labores en Pablo de concentraciones de CO.

TABLA LXXX. Tiempo de liberación de labores en pablo de concentraciones de co.

Fecha	Tiempo de Ventilación por niveles (hrs)								
	4280	4296	4306	4322	4338	4354	4370	4386	4402
26/07/2018	02:50:00	02:10:00	03:45:00	01:43:00	01:47:00	01:33:00	01:46:00	01:35:00	01:35:00
27/07/2018	01:55:00	01:45:00	02:15:00	01:15:00	01:22:00	02:00:00	01:55:00	01:29:00	01:55:00
28/07/2018	01:50:00	01:39:00	02:28:00	01:18:00	01:32:00	01:45:00	02:10:00	01:45:00	01:34:00
29/07/2018	01:30:00	01:40:00	03:10:00	01:17:00	01:37:00	01:55:00	01:53:00	01:47:00	01:56:00
30/07/2018	02:16:00	02:06:00	03:20:00	01:30:00	01:22:00	01:35:00	02:00:00	01:55:00	01:34:00
31/07/2018	02:16:00	01:35:00	02:12:00	02:00:00	01:47:00	01:45:00	01:45:00	01:45:00	01:40:00
01/08/2018	02:25:00	02:05:00	03:45:00	01:40:00	02:18:00	01:17:00	02:10:00	01:39:00	02:05:00
02/08/2018	01:15:00	01:15:00	02:37:00	01:50:00	01:18:00	01:25:00	01:45:00	01:49:00	01:56:00
03/08/2018	01:45:00	01:35:00	03:42:00	01:32:00	01:27:00	01:43:00	01:50:00	02:00:00	02:00:00
04/08/2018	00:45:00	01:40:00	02:55:00	02:12:00	01:30:00	01:45:00	01:45:00	02:10:00	01:40:00
05/08/2018	01:35:00	01:55:00	02:47:00	01:25:00	02:20:00	02:30:00	02:45:00	02:20:00	02:00:00
06/08/2018	01:27:00	01:47:00	02:39:00	02:20:00	01:59:00	03:35:00	01:55:00	02:10:00	01:45:00
07/08/2018	01:56:00	01:56:00	02:21:00	02:00:00	02:20:00	03:26:00	02:26:00	02:50:00	02:21:00
08/08/2018	01:46:00	02:14:00	02:25:00	02:43:00	02:50:00	02:19:00	02:23:00	02:15:00	02:25:00
09/08/2018	02:49:30	03:25:00	03:36:00	03:21:00	02:02:00	02:25:00	02:17:00	02:35:00	01:45:00
10/08/2018	01:26:00	01:54:00	02:12:00	01:44:00	01:45:00	02:25:00	01:49:00	02:17:00	02:25:00
11/08/2018	01:53:00	02:00:00	02:27:00	01:54:00	01:55:00	02:22:00	02:10:00	02:35:00	02:27:30
12/08/2018	02:02:00	02:12:00	02:40:00	02:15:00	01:55:00	02:15:00	01:50:00	02:30:00	02:35:00
13/08/2018	02:16:00	02:41:00	02:30:00	02:45:00	02:17:00	02:32:00	02:15:00	03:00:00	02:35:00
14/08/2018	03:40:00	03:41:00	03:22:00	02:17:00	03:11:00	04:20:00	05:32:00	05:35:00	04:41:00
15/08/2018	03:31:00	03:42:00	03:23:00	04:05:00	03:03:00	03:27:00	04:36:00	03:52:00	03:00:00
16/08/2018	02:58:00	03:06:00	03:14:00	04:38:00	02:47:00	02:56:00	04:02:00	03:29:00	03:18:00
17/08/2018	02:30:00	02:34:00	02:33:00	02:30:00	03:23:00	02:43:00	02:01:00	02:19:00	02:26:00
18/08/2018	02:27:00	03:08:00	02:58:00	02:41:00	02:46:00	03:11:00	03:28:00	03:08:00	03:12:00
19/08/2018	02:43:00	03:33:00	02:49:00	01:56:00	02:34:00	03:13:00	03:18:00	03:41:00	03:46:00
20/08/2018	02:27:00	02:32:00	02:31:00	01:28:00	03:50:00	02:10:00	02:41:00	02:28:00	02:26:00
21/08/2018	02:30:00	02:31:00	02:24:00	01:31:00	02:18:00	03:22:00	02:24:00	02:23:00	02:17:00
Promedio	02:10:30	02:18:33	02:51:07	02:08:31	02:11:40	02:26:27	02:28:33	02:29:40	02:20:43

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

Fig. 66.Tiempo de Ventilación por Niveles.

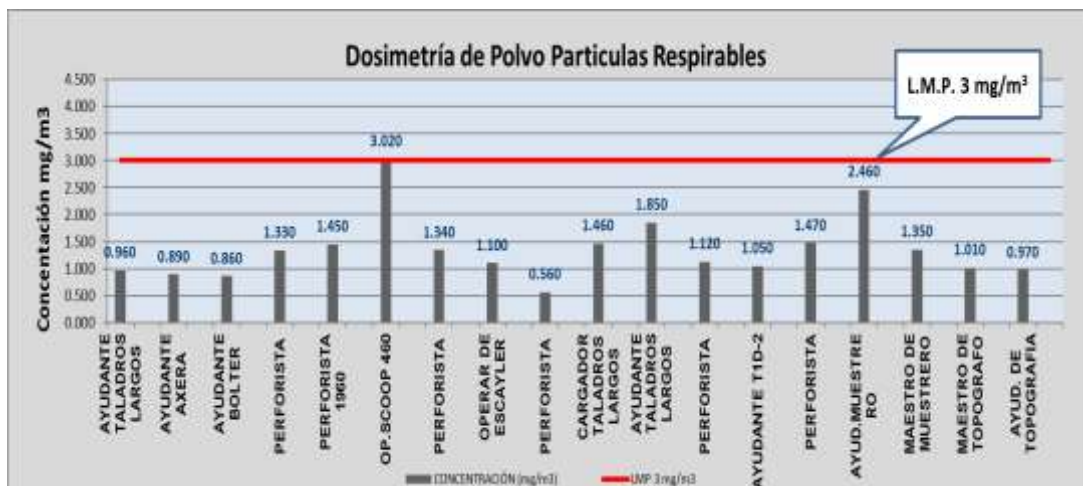


Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

6.6. Monitoreos realizados de concentraciones de polvo respirable

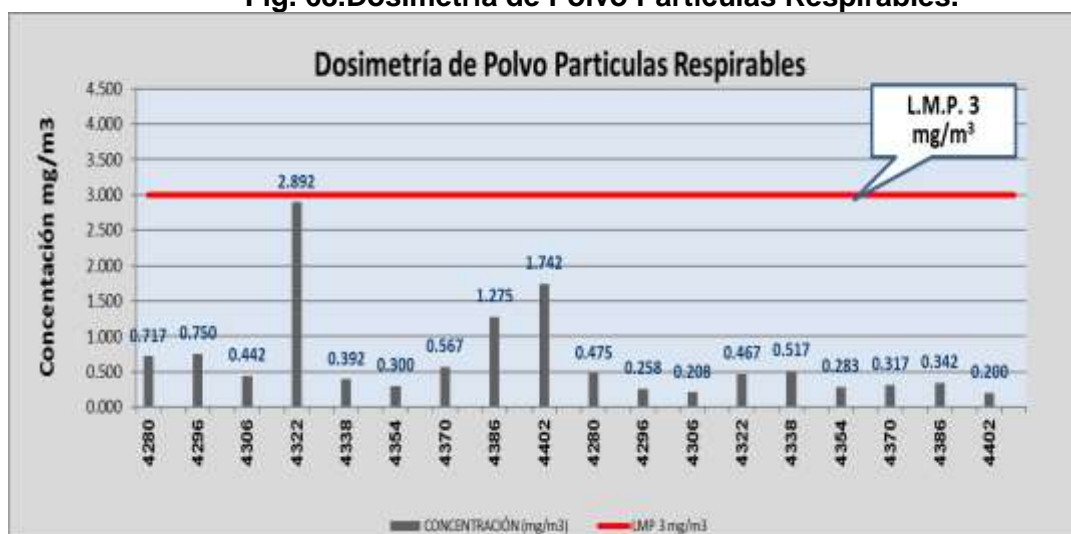
6.6.1 Dosimetría de polvo respirable en puestos de trabajo

Fig. 67.Dosimetría de Polvo Partículas Respirables.



Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

6.6.2 Dosimetría de polvo respirable por niveles de Pablo
Fig. 68.Dosimetría de Polvo Partículas Respirables.



Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

6.7. Aspectos administrativos

6.7.1 Presupuesto

a. Recursos materiales

TABLA LXXXI. Recursos materiales.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total.
Papel Bond	Millares	3	30	90
USB	Unidad	1	40	40
Impresión, Digitación, Empaste y Anillado.	Hojas	500	0.3	150
Viáticos.	Personas	2	Minera Ares	0
Varios			Minera Ares	0
			Total	280.00

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

b. Equipos y accesorios (Alquiler)

TABLA LXXXII. Equipos y accesorios (alquiler)

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total.
Monitor de Estrés por calor	Equipo	1	150	150
Sonda telescópica (Velocidad del aire)	Equipo	1	150	150
Software Ventsim:	Equipo	1	450	450
Analizador de gases para equipos: El Drager MSI EM 200-s	Equipo	1	180	180
Monitor de Aire SKC EPAM-500	Equipo	1	200	200
Bomba de muestreo XR. 5000	Equipo	3	150	450
Monitor de Gases múltiples <i>VentisTM</i> MX4	Equipo	5	100	500
			Total	280.00

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

Nota:

El alquiler de equipos y accesorios fue pagado por la empresa, así mismo la empresa cuenta con la mayoría de estos equipos.

c. Presupuesto general

TABLA LXXXIII. Presupuesto general.

Descripción.	Costo Total
RECURSOS MATERIALES	280.00
EQUIPOS Y ACCESORIOS (alquiler)	1,685.00
Total	1,965.00

Fuente. Compañía Minera Ares S.A.C.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.

Se realizó el estudio de ventilación para el control de agentes químicos y físicos de la unidad operativa Pallancata veta Pablo, donde concluimos:

- Primero: Concluimos que la evaluación de agentes químicos gases nitrosos, oxígeno y dióxido de carbono, no presentan un porcentaje de peligrosidad, caso contrario que si se encuentra concentraciones de monóxido de carbono en la mayoría de frente trabajo y polvo un 11% que no cumple con lo establecido por la normativa. Con respecto a agentes físicos la temperatura en los frentes de trabajo no presenta observaciones. Respecto a velocidades de aire tenemos un 30% de punto de monitoreo que no logran llegar al límite máximo permisible.
- Segunda: Concluimos que el sistema de ventilación para el control de agentes químicos y físicos en el 2018 no es eficiente ni efectivo ya que el circuito de ventilación no logra eliminar con rapidez los agentes químicos y físicos, por la cantidad de equipos, la falta de chimeneas y cantidad de producción este perjudicando la liberación de las labores teniendo como resultado de la disipación

de gas CO en un aproximado de 2:50 horas desde el primero monitoreo a primeras horas. produciéndose recirculación de aire viciado en los frentes de trabajo.

- Tercera: Los controles de los agentes químicos y físicos en la veta Pablo son más administrativos ya que en muchas labores no se logra cubrir los parámetros requeridos según la normativa vigente D.S. –024-2016– E.M. y modificatoria D.S. –023-2017– E.M., Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, presentándose concentraciones en el transcurso de la guardia. En mayor cantidad de concentraciones de monóxido de carbono un 17% de observaciones evaluados en el presente estudio. Al realizar el mapeo de procesos y utilización de IPERC, identificamos todos aquellos agentes contaminantes que pudiera afectar a nuestros colaboradores, donde se analizó que los controles son más administrativos por los problemas que se presentan dentro de mina.
- Cuarta: Se concluye que la veta Pablo no logra cumplir con el anexo 38 del D.S. –024-2016– E.M. y modificatoria D.S. –023-2017– E.M., Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, teniendo como un requerimiento total de 15,231 m³/min o 537,866 CFM. Teniendo como requerimiento por la cantidad de personal de 984 m³/min o 34,750 CFM, requerimiento por equipos 12, 260 m³/min o 432,960 CFM, requerimiento por uso de madera 0 m³/min, requerimiento temperaturas mayores a 24 °C 0 m³/min y por fugas que es el 15% 1,987 m³/min o 70, 156 CFM. Contando con un ingreso de aire de 5,051 m³/min o 177,472 CFM, obteniendo tan solo una cobertura del 33%, Déficit de 359,483 CFM.
- Quinta: Se evaluó el circuito integral de ventilación, realizando el mapeo de flujo de aire con el instrumental adecuado y se elaboró los planos isométricos unifilares, planos que contienen la información de circuitos principales, ingresos, salidas, identificando las áreas o zonas de restricciones de ventilación siempre y cuando se encuentren entre los intervalos de Mayor o igual a 20 m/min y menores de 250

m/min. (figura 57), este circuito con el Plano unifilar del año 2018, se tiene solamente una cobertura del 33%. Según la tabla LXXVI, con la culminación del RC-04 y colocado de 2 ventiladores de 150 KCFM el resultado de cobertura deberá ser en 102% de este modo dando cumplido el objetivo de la mejora de condiciones laborales y de medio ambientales, se entiende que sin proyecto la velocidad mínima del aire fue de 12.20 m/min. y con proyecto se obtendrá 20.33 m/min. Respectivamente, el cual cumpliría los parámetros de ventilación.

7.2. Recomendaciones

- Se requiere ejercer el control para minimizar actualmente la exposición a concentraciones de sílice libre cristalino hasta un límite aceptable es el protector respiratorio de media cara con filtro P100; por tal motivo se debe implementar un programa administrativo de protección respiratoria para verificar la eficiencia del control.
- También se recomienda llevar a cabo una Guía Técnica para la prevención de la Silicosis de NIOSH 25
- Es recomendable implementar la prueba de Ajuste del Respirador de acuerdo a la Normas de Protección Respiratoria de OSHA (29 CFR 1910.134) requieren pruebas de ajuste para los respiradores de presión negativa una vez al año como mínimo.
- Se requiere habilitar accesos seguros a los ventiladores secundarios. Para fines de mantenimiento y control de eficiencia en los ventiladores.
- En la mina, la sección típica de labor, cuenta con espacios reducidos, lo que produce rozamientos en las mangas de ventilación en los traslados de las mismas; con el tiempo generará un desgaste en la manga una pérdida de presión aún mayor.

- Es necesario que los ventiladores deben contar con una inspección periódica, y un mantenimiento mecánico y eléctrico mensual para evitar daños a la carcasa, alabes u otros. Reportar los daños a fin de evitar accidentes o deficiencias en la ventilación.
- Es recomendable, priorizar la ventilación en los tajos y frentes de avance: Es importante el soporte del área de Geo mecánica de la mina, para distinguir el macizo rocoso sobre una valor mayor de 30 RMR, y lanzar las chimeneas a superficie, se recomienda sean por el método Raise Boring, en base al caudal proyectado se estima llegar a un valor no mayor de 450,000 CFM, para llegar a este valor óptimo, será necesario minimizar el uso de equipos Diesel que emitan gases tóxicos sobre los 500 ppm (equipos ecológicos) y mejorar el uso del combustible de mayor calidad Diesel calidad 4 o 5. Se concluye que en la mina se construyó una chimenea de ventilación.

ANEXOS

ANEXO 01

LISTA DE ACRÓNIMOS

- **Backlayering:** El movimiento de humo o un gas caliente contra la dirección del flujo de ventilación.
- **Layout:** Un mapa o un dibujo de un sitio de construcción que muestra la posición de carreteras, edificios u otras construcciones.
- **EVS:** Estación de ventilación secundaria.

ANEXO 02

ANEXO 38 DEL D.S. 023-2017 EM.

CÁLCULO DE REQUERIMIENTO DE AIRE

1. REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL (QT_o).

$$QT_o = QT_1 + QF_u$$

a) Caudal requerido por el número de trabajadores (QTr)

$$QTr = F \times N \text{ (m}^3/\text{min)}$$

b) Caudal requerido por el consumo de madera (QMa)

$$QMa = T \times u \text{ (m}^3/\text{min)}$$

FACTOR DE PRODUCCIÓN DE ACUERDO AL CONSUMO DE MADERA

CONSUMO DE MADERA (%)	FACTOR DE PRODUCCIÓN (m ³ /min)
< 20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
> 70	1.25

c) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe)

$$QTe = V_m \times A \times N \text{ (m}^3/\text{min)}$$

VELOCIDAD MÍNIMA

TEMPERATURA SECA (°C)	VELOCIDAD MÍNIMA (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

d) Caudal requerido por equipo con motor Petrolero (QEq)

$$QEq = 3 \times HP \times D_m \times F_u \text{ (m}^3/\text{min)}$$

e) Caudal requerido por fugas (QFu)

$$QFu = 15\% \times Qt_1 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Donde:

$$QT_1 = QTr + QTe + QMa + QEq$$

f) Caudal requerido por consumo de explosivo (QEx)

$$QEx = A \times V \times N \text{ (m}^3\text{/min)}$$

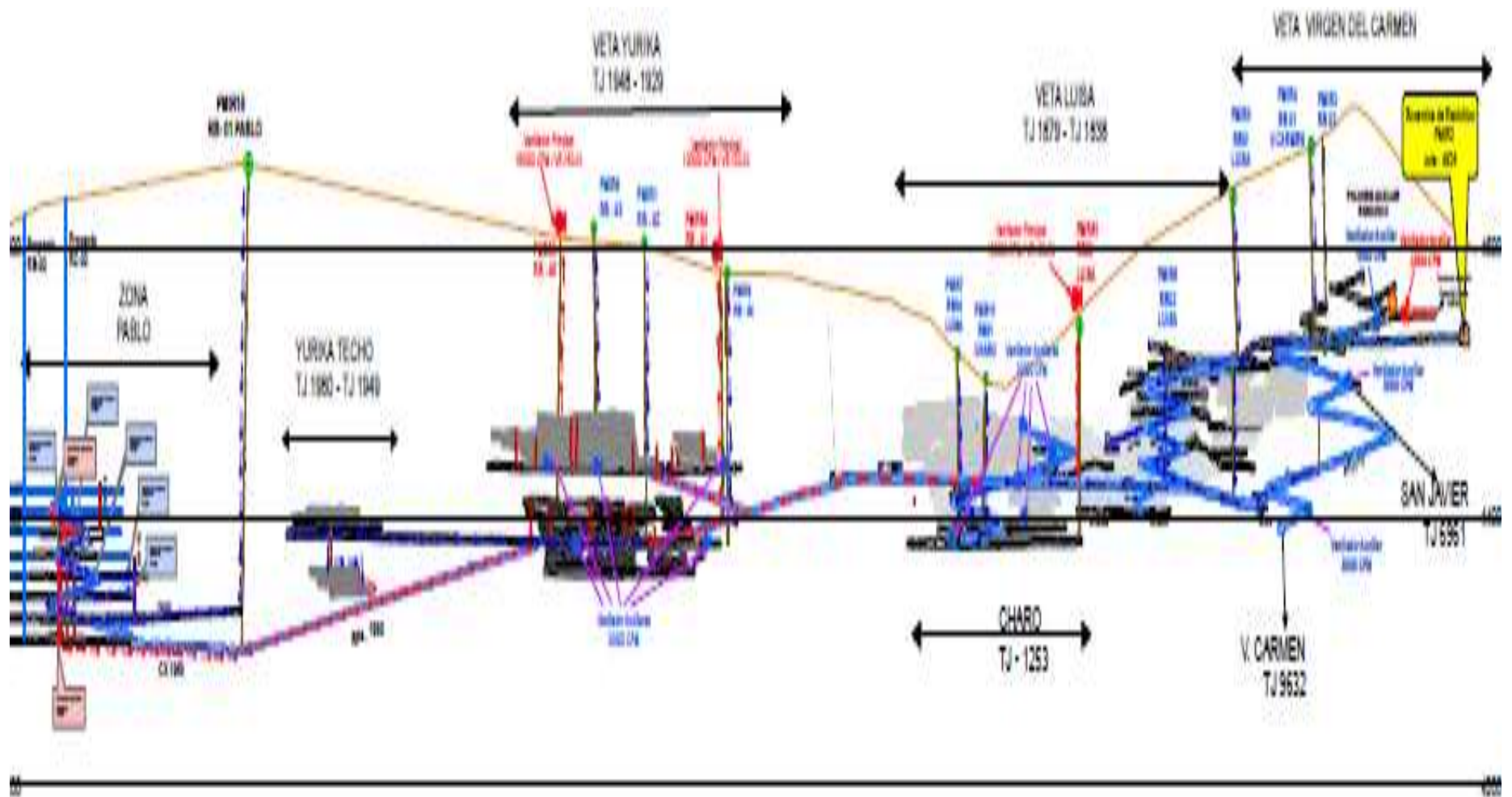
ANEXO 03

UNIDAD / PROYECTO : CMA E. CONTRATISTA		U.O. Patencia Compañía Minera Area S.A.C. Mina		FECHA DE ELABORACIÓN: FECHA DE ACTUALIZACIÓN:		18/10/2017 11/06/2018		EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO:		Francisco Piro Enay Jara Alexander Mamani		Revisó												
Considerando el formato referencial del proceso de identificación, evaluación y control de riesgos ocupacionales R.M. N° 059-2015-TR Anexo N° 05 y D.S. 024-2016-EM Art. N° 101 inciso A y anexo N° 08																								
OCUPACIÓN	PROCESO (S)	ACTIVIDAD (S)	TAREA (S)	N° PERSONAL EXPUESTO	AGENTES DE RIESGO		Fuente de Riesgo	Rutina / NO Rutina	EVALUACIÓN DE RIESGOS			ELIMINACIÓN	SUSTITUCIÓN	EN EL TRABAJADOR				EVALUACIÓN DE RIESGOS			ACCIÓN DE MEJORA	RESPONSABLE		
					PELIGRO (S)	RIESGO (S)			SEVERIDAD (S)	PROBABLE AD (P)	NIVEL DEL RIESGO			INGENIERIA	ADMINISTRATIVOS U ORGANIZATIVOS	EPPs	EN EL TRABAJADOR	SEVERIDAD (S)	PROBABLE AD (P)	NIVEL DEL RIESGO				
EFECTOS CUERPO HUMANO	Gestión de operaciones	Supervisión en labores mineras	Inspección de Avenidas	6	Mandado de carbón	Inhalación de sustancias tóxicas	Vibadura, circulación de los equipos móviles	R	1	D	7			Verificadores, RSS, Chomeros	Monitoreo de gases, Escapes de los equipos Diesel y labores Mantenimiento	Uso del monogás o mutigás y autocombustidor	SI	SI	SI	4	C	10	1.- Monitoreo diario de gases 2.- Medir las velocidades de aire 3.- Capacitación y sensibilización en accidentes con gases en mina	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Supervisión en labores mineras	Inspección de Avenidas	6	Gases hidrocar (PMA)	Inhalación de sustancias tóxicas	Vibadura, circulación de los equipos móviles	R	2	C	6			Verificadores, RSS, Chomeros	Darwin en todo del escape de los equipos Diesel y labores Mantenimiento		SI	SI	SI	4	C	10	1.- Monitoreo diario de gases 2.- Medir las velocidades de aire 3.- Capacitación y sensibilización en accidentes con gases en mina	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Supervisión en labores mineras	Inspección de Avenidas	6	Diluido de carbón	Inhalación de sustancias tóxicas	Humos de combustión incombustibles de materia orgánica	R	2	C	6			Verificadores, RSS, Chomeros	Darwin en todo del escape de los equipos Diesel y labores Mantenimiento		SI	SI	SI	4	C	10	1.- Monitoreo diario de gases 2.- Medir las velocidades de aire 3.- Capacitación y sensibilización en accidentes con gases en mina	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Supervisión en labores mineras	Inspección de Avenidas	6	Silica libre Cristalina	Inhalación de Silica	Vibadura del mineral	R	3	C	13			Verificadores, RSS, Chomeros	Capacitación sobre protección respiratoria, Evaluación Médica, radiológica y epidemiológica anual y Mantenimiento	Respirador de Alreda Clara y Filtro P100	SI	SI	SI	4	C	10	1.- Monitoreo actual de Silica 2.- Medir las velocidades de aire en las labores 3.- Examen médico periódico 4.- Capacitación y sensibilización	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Supervisión en labores mineras	Inspección de Avenidas	6	Poico (Partículas respirables)	Inhalación de polvo	Vibadura del mineral	R	3	C	13			Verificadores, RSS, Chomeros	Capacitación sobre protección respiratoria, Evaluación Médica, radiológica y epidemiológica anual y Mantenimiento	Respirador de Alreda Clara y Filtro P100	SI	SI	SI	4	C	10	1.- Monitoreo actual de polvo 2.- Medir las velocidades de aire en las labores 3.- Examen médico periódico 4.- Capacitación y sensibilización	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Supervisión en labores mineras	Inspección de Avenidas	6	Poico (Partículas totales)	Inhalación de polvo	Vibadura del mineral	R	3	C	13			Verificadores, RSS, Chomeros	Capacitación sobre protección respiratoria, Evaluación Médica, radiológica y epidemiológica anual y Mantenimiento	Respirador de Alreda Clara y Filtro P100	SI	SI	SI	4	C	10	1.- Monitoreo actual de polvo 2.- Medir las velocidades de aire en las labores 3.- Examen médico periódico 4.- Capacitación y sensibilización	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Supervisión en labores mineras	Inspección de Avenidas	6	Hollin	Inhalación de hollin	Humos de combustión	R	3	C	13			Verificadores, RSS, Chomeros	Capacitación sobre protección respiratoria, Evaluación Médica, radiológica y epidemiológica anual y Mantenimiento	Respirador de Alreda Clara y Filtro P100	SI	SI	SI	4	C	10	1.- Monitoreo actual de hollin 2.- Medir las velocidades de aire en las labores 3.- Examen médico periódico 4.- Capacitación y sensibilización	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Supervisión en labores mineras	Inspección de Avenidas	6	Ruido producido por la perforadora	Exposición al ruido	Proceso de perforación y ventiladores	R	3	A	6			RSS, Chomeros y Servidores	Capacitación sobre protección auditiva, Audímetro anual, Mantenedor de Pabellón	Tapón Auditivo de 3dB a 20 dBa + ordenes	SI	SI	SI	4	C	10	1.- Monitoreo anual de ruido a trabajadores y control de ruido en la perforadora 2.- Examen médico periódico 3.- Examen audímetro 4.- Capacitación sobre los niveles de ruido en el trabajo	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	Iluminación suficiente	Exposición a niveles bajos de iluminación	No existe iluminación natural	R	3	C	13			Fluorescentes	Medición periódica de la iluminación en las actividades de		SI	SI	SI	4	C	10	1.- Medir la iluminación en las actividades de	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	Trabajo Sedentario	Trabajo sedentario con tiempo prolongado	Oficina	R	3	C	13			Silla ergonómica	Capacitación en posturas activas		SI	SI	SI	4	C	10	1.- Realizar pausas activas	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	Radiación no ionizante (Pantalla PC, Celulares)	Exposición a radiación no ionizante	Computadora	R	3	C	13			Protectores de Pantalla	Capacitación en radiación no ionizante		SI	SI	SI	4	C	10	1.- Usar protectores de Pantalla en computadora y celular 2.- Capacitación en radiación no ionizante	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	Uso de Teclado, pantalla de PC, Laptop y mouse	Exposición a movimientos repetitivos	Escritorio	R	3	C	13				Capacitación en posturas activas		SI	SI	SI	4	C	10	1.- Realizar pausas activas	Jefta de área Médico / Higienista
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	Estrés laboral	Fatiga y bajo desempeño laboral, enfermedades psicosomáticas	Trabajo rutinario, presión, fatiga,	R	4	C	10				Talleres de capacitación de trabajo y control de Estrés Ocupacional		NO	SI	SI	5	C	20	1.- Test de evaluación 2.- Capacitación y Sensibilización 3.- Talleres de Control de emociones	Psicólogo
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	DIMENSIÓN 1: Contexto de trabajo	Percepción emocional, falta de identificación con la empresa, falta de motivación, actitud insubordinada en el trabajo, falta de identificación con el grupo de trabajo y el supervisor	Cultura organizacional de la empresa, no en la organización, capacitación entre los problemas laborales y de trabajo, relaciones interpersonales en el trabajo	R	4	C	10				Talleres de capacitación en desarrollo del potencial humano y estrés ocupacional		NO	SI	SI	5	C	20	1.- Test de evaluación 2.- Capacitación y Sensibilización 3.- Talleres de Control de emociones	Psicólogo
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	DIMENSIÓN 2: Contexto de trabajo	Fatiga y cansancio físico y mental, enfermedades respiratorias, Pobre motivación, Pobre identificación con la empresa, falta de motivación, actitud insubordinada en el trabajo, falta de identificación con el grupo de trabajo y el supervisor	Carga y ritmo de trabajo, ambiente laboral, capacitación de los temas del puesto de trabajo	R	4	C	10				Talleres de capacitación en desarrollo del potencial humano y estrés ocupacional		NO	SI	SI	5	C	20	1.- Test de evaluación 2.- Capacitación y Sensibilización 3.- Talleres de Control de emociones	Psicólogo
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	DIMENSIÓN 3: Factores individuales	Capacidad y tiempo físico y mental, Estrés, falta de motivación, Actitud insubordinada en el trabajo, falta de identificación con el grupo de trabajo y el supervisor	Características de la empresa, Estrés de la personalidad para afrontar los problemas laborales	R	3	C	13				Talleres de capacitación en desarrollo del potencial humano y estrés ocupacional		NO	SI	SI	4	C	10	1.- Test de evaluación 2.- Capacitación y Sensibilización 3.- Talleres de Control de emociones	Psicólogo
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	DIMENSIÓN 4: Daño psíquico	Capacidad y tiempo físico y mental, Estrés, falta de motivación, Actitud insubordinada en el trabajo, falta de identificación con el grupo de trabajo y el supervisor	Respuesta Cognitiva, Emocional, Conductual	R	3	C	13				Talleres de capacitación en desarrollo del potencial humano y estrés ocupacional		NO	SI	SI	4	C	10	1.- Test de evaluación 2.- Capacitación y Sensibilización 3.- Talleres de Control de emociones	Psicólogo
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	Consumo de alcohol	Consumo de alcohol	Estrés o dependencia	NR	4	C	10				Talleres sobre consumo de alcohol			SI	SI	5	C	20	1.- Tamizaje ADIT	Psicólogo
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	Consumo de tabaco	Consumo de tabaco	Estrés o dependencia	NR	4	C	10				Talleres sobre tabaquismo			SI	SI	5	C	20	1.- Tamizaje ASGBST	Psicólogo
	Gestión de operaciones	Trabajos de oficina	Elaboración de reportes	6	Consumo de drogas o sustancias psicoactivas	Consumo de drogas o sustancias psicoactivas	Estrés o dependencia	NR	4	C	10				Talleres sobre sustancias psicoactivas			SI	SI	5	C	20	1.- Tamizaje ASGBST	Psicólogo

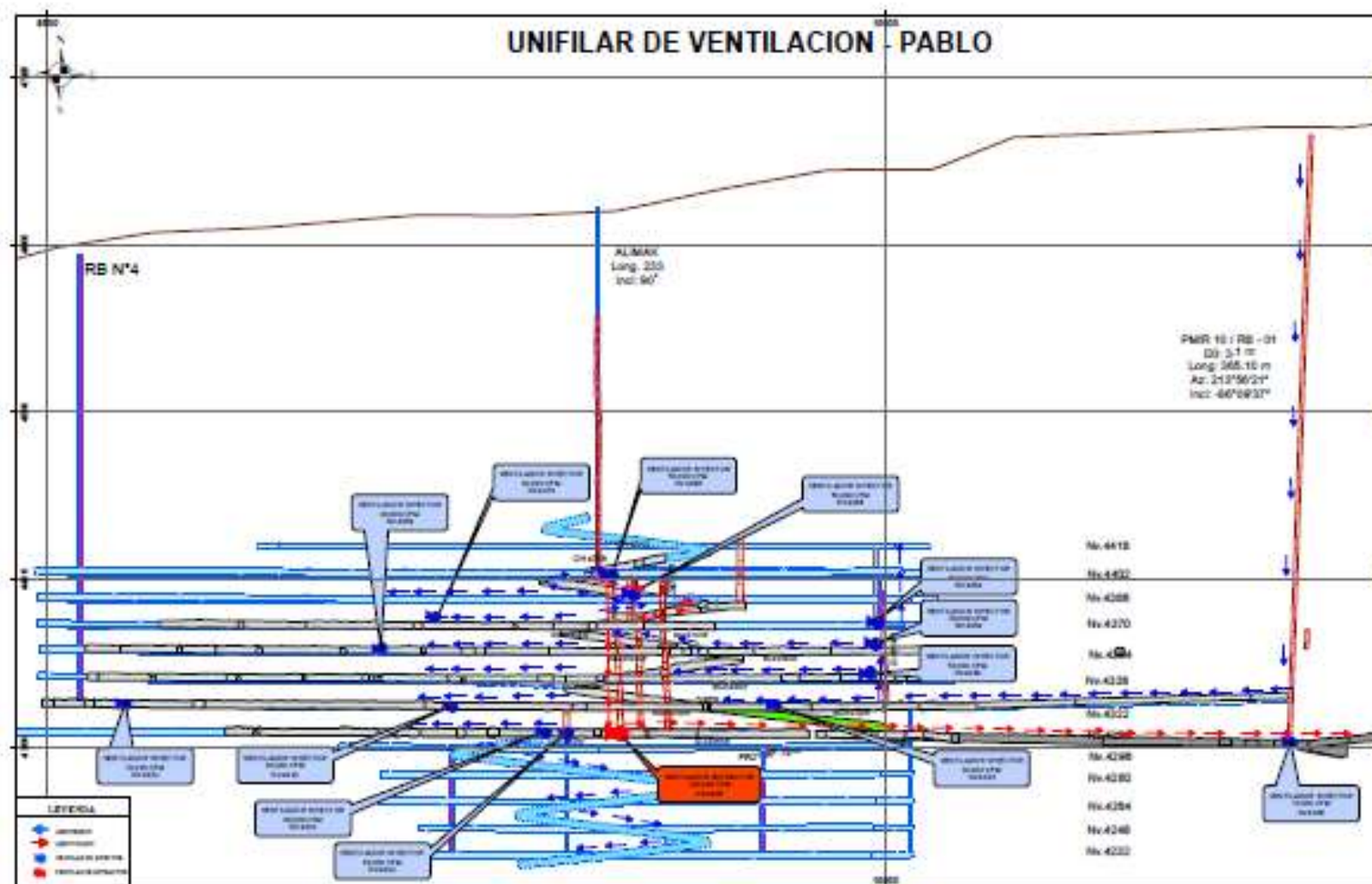
ANEXO 04

[illegible]

ANEXO 05

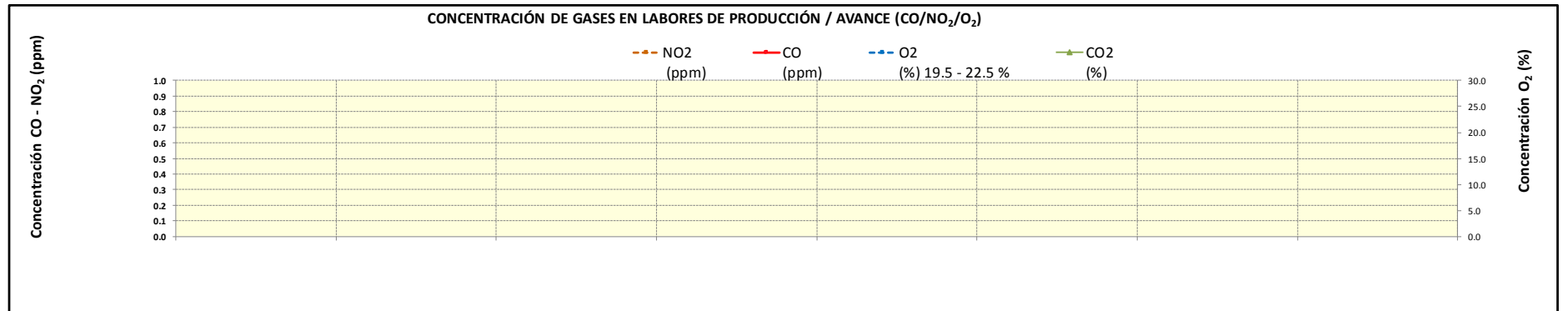


ANEXO 05.1



ANEXO 06.1

Concentración de Gases en Labores de Producción y Avance																				
Zona	Nivel	Labor	Fecha	Turno	Monitoreo a Inicio de Guardia								Monitoreo después de ventilación			Responsable de Monitoreo	N° de serie de equipo	Tiempo de Ventilación (Hrs)	Observación / Medidas de Control	
					Hora	CO (ppm)	CO2 (%)	NO2 (ppm)	O2 (%)	Velocidad aire m/min	T°	N° de personas en la Labor	Hora	CO (ppm)	T°					N° de personas en la Labor
						25 ppm (TWA)	0.5 % (TWA)	3 ppm (TWA)	19.5 - 22.5 %	20 m/min	29 °C			25 ppm (TWA)	24 °C					



ANEXO 06.2

MEDICIÓN DE GASES COMBUSTIÓN EN TUBOS DE ESCAPE (CO NOX)															
MES: NOVIEMBRE					CO LMP : 500 PPM			HOCHSCHILD MINING							
					NO ₂ LMP : 100 PPM			PSR-HIN14-01							
NOMBRE DEL EQUIPO	PLACA/ CODIGO	FECHA	HORA	EMPRESA	Area	CO PPM	NO ₂ PPM	Filtro de aire.	Temperatura del aceite del motor.	El Tubo escape.	Tapones de depósito de aceite y tanque de combustible	NOMBRE DEL OPERADOR	RESPONSABLE DE MONITOREO	N° SERIE EQUIPO DEL ANALIZADOR DE GASES	OBSERVACIONES

ANEXO 06.3



MINERA ARES S.A.C. - UNIDAD OPERATIVA PALLANCATA

EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A MONOXIDO DE CARBONO Y DIOXIDO DE NITROGENO

IDENTIFICACIÓN DE LA EVALUACIÓN			
	N° de Monitoreo:	06102018 -TD	
	Fecha:	06-oct-18	
	Empresa:	Compañía Minera Ares	
	Lugar de Trabajo:	Ranichico - Servicios	
	Area:	Mina	
	Evaluador:	Jorge Tejada	
	N° de serie	170818A-002	
	Instrumento:	Detector de Gases Ventis MX4	
Nombre :	Adbento Condori		
Ocupación:	Perforista		
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN			
Promedio CO (ppm):	10.2	Limite Maximo permisible TWA:	25 ppm
Promedio NO ₂ (ppm):	0.00	Limite Maximo permisible TWA:	3 ppm
Hora de encendido :	8:20:31 AM	Hora de apagado:	6:13:51 PM
TENDENCIA DE CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO - CO			
<p>Dosimetría de CO por Jornada de Trabajo</p> <p>Concentración de CO (ppm)</p> <p>8:20:31 a. m. 8:32:41 a. m. 8:44:51 a. m. 8:57:01 a. m. 9:09:11 a. m. 9:21:21 a. m. 9:33:31 a. m. 9:45:41 a. m. 9:57:51 a. m. 10:10:01 a. m. 10:22:11 a. m. 10:34:21 a. m. 10:46:31 a. m. 10:58:41 a. m. 11:10:51 a. m. 11:23:01 a. m. 11:35:11 a. m. 11:47:21 a. m. 11:59:31 a. m. 12:11:41 p. m. 12:23:51 p. m. 12:36:01 p. m. 12:48:11 p. m. 1:00:21 p. m. 1:12:31 p. m. 1:24:41 p. m. 1:36:51 p. m. 1:49:01 p. m. 2:01:11 p. m. 2:13:21 p. m. 2:25:31 p. m. 2:37:41 p. m. 2:49:51 p. m. 3:02:01 p. m. 3:14:11 p. m. 3:26:21 p. m. 3:38:31 p. m. 3:50:41 p. m. 4:02:51 p. m. 4:15:01 p. m. 4:27:11 p. m. 4:39:21 p. m. 4:51:31 p. m. 5:03:41 p. m. 5:15:51 p. m. 5:28:01 p. m. 5:40:11 p. m. 5:52:21 p. m. 6:04:31 p. m.</p> <p>— LMP — CO-Monóxido de carbono</p>			
CONTROL IMPLEMENTADO			
<p>Ingeniería: Ventilación Forzada con ventiladores</p> <p>Administrativo: Monitoreo de gases, monitoreos de velocidad de aire y capacitación en CO.</p> <p>EPPs:</p> <p>Monitoreo de Temperatura: T° 13.1</p>			

ANEXO 06.4

HOJA DE MONITOREO DE DOSIMETRÍA DE POLVO PARTÍCULA RESPIRABLE

LMP(12 HORAS): 1.5

mg/m³

(LMP12= LMPx Factor de Corrección= 3mg/m³x 0.5=1.5mg/m³)

PSR-HIN1403

AMBIENTE DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	ÁREA	EMPRESA	N°BOMBA	NOMBRE	FECHA	FLUJO BOMBA (L/Min)	TIEMPO DE MONITOREO POR FILTRO (MINUTOS)			VOLUMEN MONITOREO POR LITRO			PESO INICIAL PESO FINAL			CONCENTRACIÓN POR FILTRO (mg/m3)			CONCENTRACIÓN (mg/m3)	EVALUACIÓN DE RIESGO			OBSERVACIONES	MEDIDAS DE CONTROL						CLASIFICACIÓN DE RIESGO RESIDUAL			NORMATIVA CONSIDERADA	
								T1	T2	T3	V1	V2	V3	P1	P2	P3	C1	C2	C3		A	M	B		FUENTE	MEDIO	HOMBRE	EPP	INGENIERÍA	ADMINISTRACIÓN	A	M	B		
																																			1- Reglamento sobre Valores Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de

LEYENDA

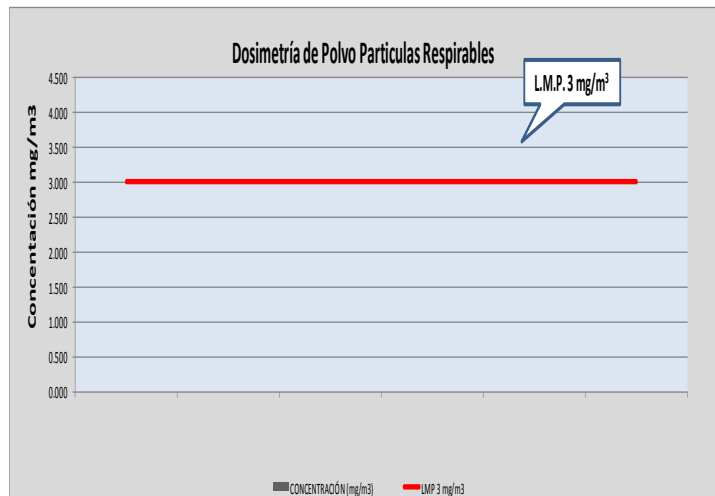
Valores de exposición inferiores o iguales al 50% de los máximos permitidos por el estándar de Referencia (< 0.7 mg/m³)

Valores de exposición superiores al 50% e inferiores al 100% de los máximos permitidos por el estándar de Referencia (> 0.7 mg/m³ y < 1.5mg/m³)

Valores de exposición superiores al máximos permitidos por el estándar de Referencia (> 1.5mg/m³)

			Tolerable	
			Moderado	
			Intolerable	

SISTEMA INTEGRADO DE GESTION HOCHSCHILD MINING - DNV



ANEXO 06.5

HOJA DE MONITOREO DE DOSIMETRIA DE POLVO PARTICULA INHALABLES TOTALES

LMP(12 HORAS): 5 mg/m³

(LMP12= LMPx Factor de Corrección= 10 mg/m³ x 0.5 = 5.0 mg/m³)

PSR-HIN14-04

AMBIENTE DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	AREA	N° BOMBA	EMPRESA	MONBRE	FECHA	FLUJO BOMBA (L/Min)	Tiempo Total de Monitoreo horas			Volumen de Monitoreo por Filtro Litros			PESO INICIAL / PESO FINAL			CONCENTRACIÓN POR FILTRO (mg/m ³)			CONCENTRACIÓN (mg/m ³)	EVALUACIÓN DE RIESGO			OBSERVACIONES	MEDIDAS DE CONTROL						CLASIFICACIÓN DE RIESGO RESIDUAL			NORMATIVA CONSIDERADA
								T1	T2	T3	V1	V2	V3	P1	P2	P3	C1	C2	C3		A	M	B		FUENTE	MEDIO	HOMBRE	EPP	INGENIERÍA	ADMINISTRACIÓN	A	M	B	

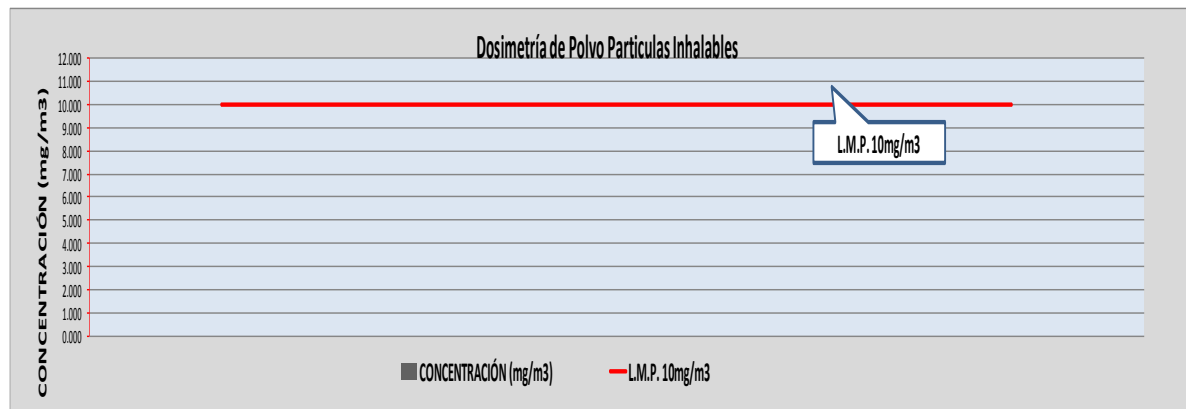
LEYENDA

Valores de exposición inferiores o iguales al 50% de los máximos permitidos por el estándar de Referencia (< 2.5 mg/m³)

Valores de exposición superiores al 50% e inferiores al 100% de los máximos permitidos por el estándar de Referencia (> 2.5 mg/m³ y < 5.0 mg/m³)

Valores de exposición superiores al máximos permitidos por el estándar de Referencia (> 5.0 mg/m³)

SISTEMA INTEGRADO DE GESTION HOCHSCHILD MINING - DNV



ANEXO 06.6

MONITOREO DE VELOCIDAD DE AIRE INTERIOR MINA - PALLANCATA

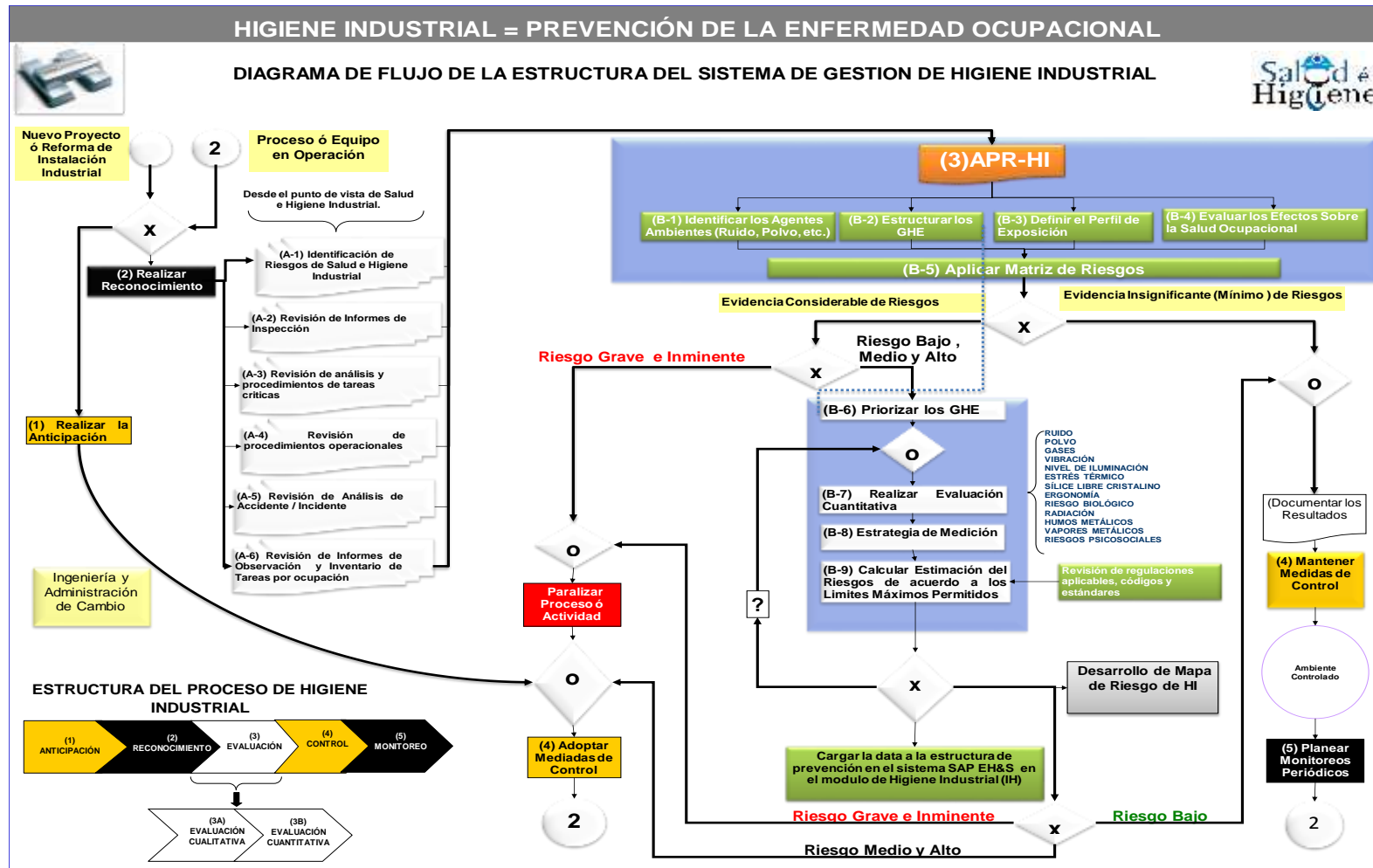
EQUIPO:	TSI- VELOCICALC
Nº DE SERIE:	T95451404002
AÑO:	2018
MONITORISTA:	Ubaldo Cesar Llacho Alhuirca
LMP:	20 ml/min. Se utiliza ANFO 25 ml/min; > 24 °C >= 30 ml/min



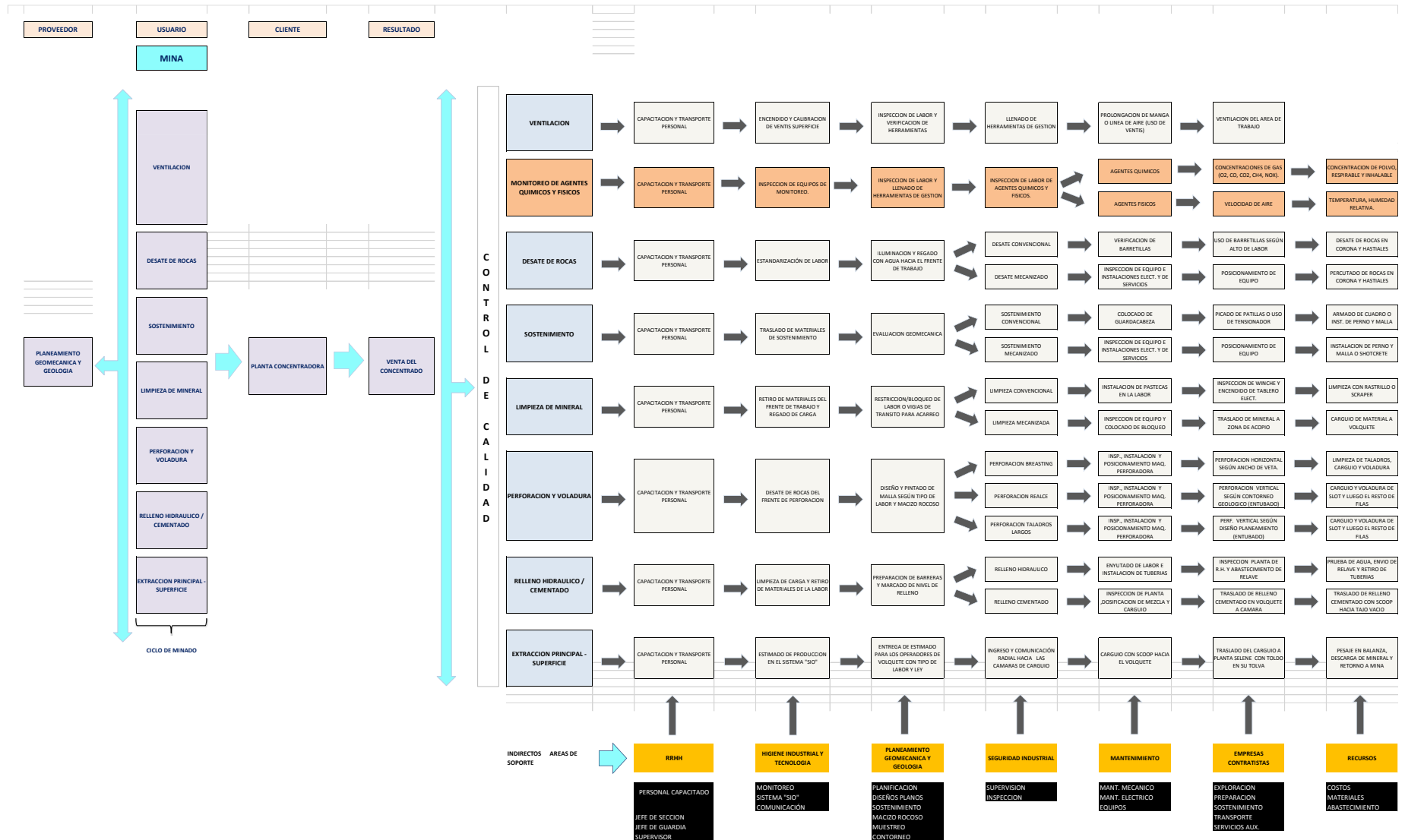
PSR-HIN14-10

FECHA	HORA	NIVEL	VETA	TAJO / LABOR	SENTIDO DEL AIRE	N° DE PERSONAS	N° DE EQUIPOS	VELOCIDADES MIS										LMP	VEL. MMIN (Min. 20 m/min)	ÁREA		CAUDAL		REQUERIMEN- TO DE AIRE	TEMP. DPTC	H.R.	VENTILADOR				MANGA			OBSERVACIÓN / CORRECCIÓN	CUMPLIMIENTO LEGAL
								V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	PROMEDIO			ANCHO	ALTO	M2	M3/MIN				CFM	Nº	CFM	RAÍMALES	SILENCIADOR	DIÁMETRO	DISTANCIA		
15/08/2018	10:07	4280	PABLO	CX 1608 SW	SALIDA	3	0	0.20	0.16	0.06	0.22	0.04	0.11	0.05	0.08	0.10	0.11	20.00	6.80	4.4	4.9	21.75	147.88	5222.08	15399.05	21.7	78.9							1) Se observa mangas rotas 2) Ventilador de 50000 CFM no logra abastecer a labores. 3) recirculación de aire viciado del nivel 4322	No cumple el art. 248 del D.S. 024-2016 EM y su modificatoria 023-2017 EM.
15/08/2018	10:17	4280	PABLO	RP 1910	SALIDA	2	1	0.07	0.16	0.22	0.06	0.16	0.17	0.07	0.19	0.23	0.15	20.00	8.87	4.4	5.0	22.00	195.07	6888.58	15538.16	21.8	80.4							1) Se observa mangas rotas 2) Ventilador de 50000 CFM no logra abastecer a labores. 3) recirculación de aire viciado del nivel 4322	No cumple el art. 248 del D.S. 024-2016 EM y su modificatoria 023-2017 EM.
15/08/2018	10:34	4280	PABLO	CX 1996 SE	SALIDA	0	0	0.19	0.09	0.18	0.07	0.09	0.19	0.14	0.04	0.09	0.12	20.00	7.20	5.3	4.8	25.39	182.82	6456.19	17933.86	21.5	79.1							1) Se observa mangas rotas 2) Ventilador de 50000 CFM no logra abastecer a labores. 3) recirculación de aire viciado del nivel 4322	No cumple el art. 248 del D.S. 024-2016 EM y su modificatoria 023-2017 EM.
15/08/2018	10:41	4280	PABLO	RP 1910	SALIDA	0	0	0.37	0.40	0.29	0.45	0.40	0.39	0.46	0.39	0.45	0.40	20.00	24.00	5.0	4.9	24.35	584.40	20637.50	17197.92	20.1	87.6							1) Punto de monitoreo	
15/08/2018	11:00	4280	PABLO	RP 1910	SALIDA	0	0	0.31	0.33	0.38	0.19	0.25	0.30	0.53	0.52	0.45	0.36	20.00	21.73	4.4	4.9	21.51	467.51	16509.50	15192.79	21.9	79.1							1) Punto de monitoreo	
15/08/2018	11:26	4396	PABLO	SN 4297 NE	SALIDA	1	1	0.07	0.04	0.07	0.06	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	20.00	2.53	4.2	4.2	17.26	43.74	1544.47	12193.22	21.4	83.1							1) Se observa mangas rotas 2) Ventilador de 50000 CFM no logra abastecer a labores. 3) recirculación de aire viciado del nivel 4322	No cumple el art. 248 del D.S. 024-2016 EM y su modificatoria 023-2017 EM.
15/08/2018	11:39	4396	PABLO	SN 4296 NE	SALIDA	1	1	0.06	0.02	0.06	0.07	0.01	0.05	0.02	0.06	0.01	0.04	20.00	2.40	5.0	4.1	20.29	48.69	1719.35	14327.88	20.1	88.7							1) Se observa mangas rotas 2) Ventilador de 50000 CFM no logra abastecer a labores. 3) recirculación de aire viciado del nivel 4322	No cumple el art. 248 del D.S. 024-2016 EM y su modificatoria 023-2017 EM.
15/08/2018	11:55	4396	PABLO	SN 4296 SW	SALIDA	2	0	0.01	0.01	0.06	0.00	0.01	0.02	0.01	0.05	0.09	0.03	20.00	1.73	4.4	4.0	17.49	30.31	1070.40	12350.72	19.6	89.9							1) Se observa mangas rotas 2) Ventilador de 50000 CFM no logra abastecer a labores. 3) recirculación de aire viciado del nivel 4322	No cumple el art. 248 del D.S. 024-2016 EM y su modificatoria 023-2017 EM.
15/08/2018	13:15	4396	PABLO	CX 1950 SW	SALIDA	0	0	0.14	0.13	0.11	0.13	0.14	0.13	0.14	0.16	0.16	0.14	20.00	8.27	4.1	4.0	16.28	134.59	4752.90	11498.94	21.1	91.4							1) Punto de monitoreo	
15/08/2018	13:29	4396	PABLO	SN 4297 NE	SALIDA	0	0	0.27	0.33	0.34	0.21	0.20	0.32	0.17	0.22	0.24	0.26	20.00	15.33	4.1	4.0	16.16	247.75	8749.20	11412.00	20.9	88.9							1) Punto de monitoreo	
15/08/2018	13:42	4396	PABLO	BP 4396 SW	SALIDA	0	0	0.40	0.29	0.25	0.22	0.17	0.12	0.25	0.31	0.10	0.23	20.00	14.07	4.5	4.6	20.61	289.89	10237.03	14555.02	21.3	86.7							1) Punto de monitoreo	
15/08/2018	14:15	4396	PABLO	VE 1949 SE	SALIDA	0	0	0.59	0.39	0.46	0.57	0.45	0.49	0.50	0.53	0.50	0.50	20.00	29.87	4.5	4.5	20.11	600.76	21215.10	14026.54	22.1	83.6							1) Punto de monitoreo	
15/08/2018	14:26	4396	PABLO	RP 1910	SALIDA	0	0	1.00	0.90	0.85	0.55	0.78	0.81	0.82	0.67	0.75	0.79	20.00	47.53	4.4	4.6	20.06	953.33	33665.84	14165.15	23.6	79.3							1) Punto de monitoreo	

ANEXO 07

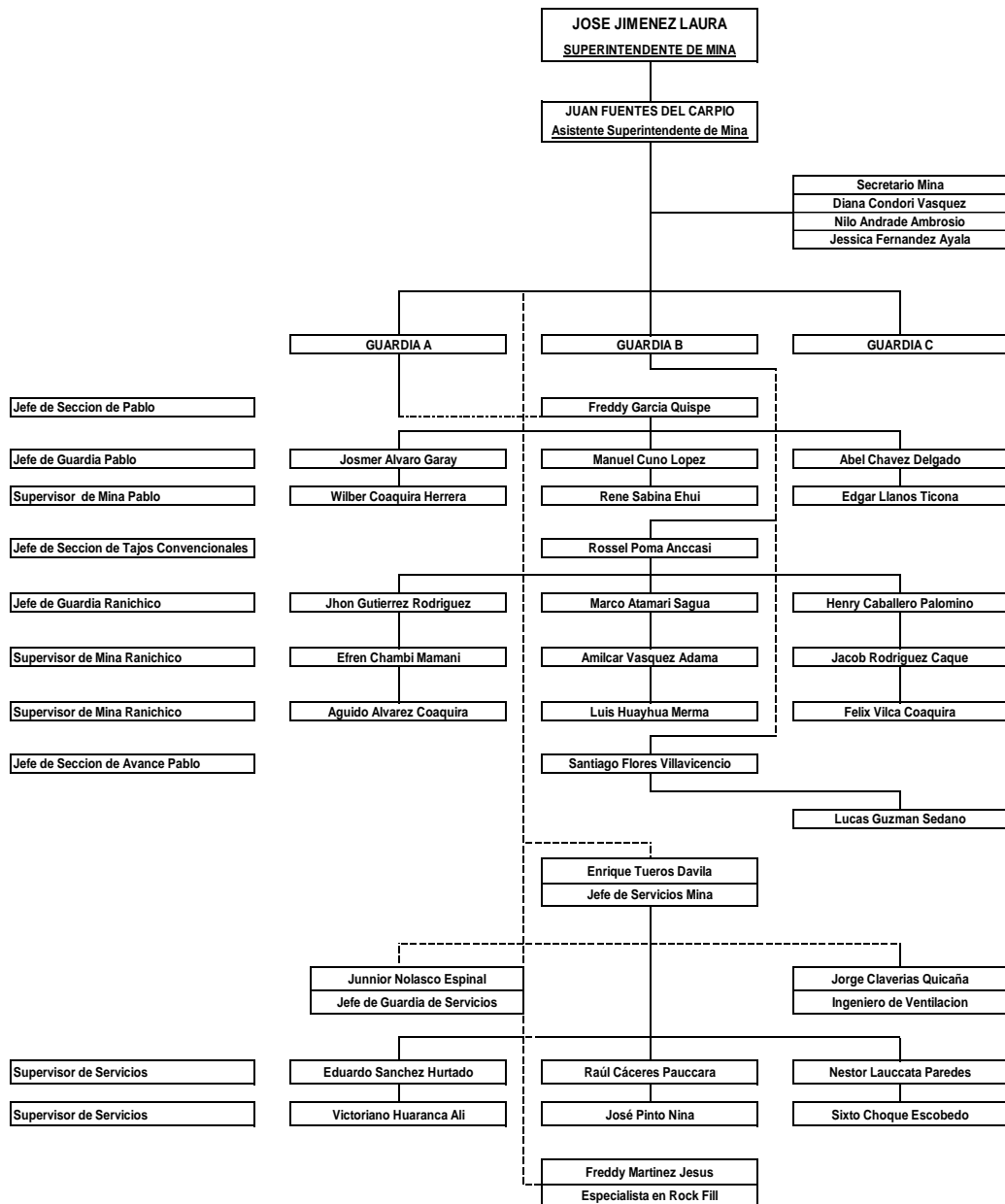


ANEXO 08



ANEXO 09

ORGANIGRAMA MINA 2019



ANEXO 10

HOCHSCHILD MINING
PLANEAMIENTO MINA
U. O. PALLANCATA



PROGRAMA DE PRODUCCION SETIEMBRE 2018

Año 2018

tj/av	ZONA	TJ_AV	VETA	MMI	LABOR SIO	NIVEL	SUB LABOR	MES NOV T_DIL	Pot. (m)	Dil%
TJ	Pablo	Tajo	Andres	BF	TJ1929		4322 BA1929	6,097	2.61	51%
			Pablo	BF	TJ1904		4338 BA3243	9,157	4.96	15%
				SARC	TJ1904		4338 BA3242	6,457	5.83	15%
					TJ1905		4306 BA3039	8,187	15.27	8%
							4354 BA3546	16,406	15.83	10%
							4386 BA3850	1,813	7.97	18%
							4370 BA3763	4,572	6.78	20%
							4370 BA3762	2,976	7.12	25%
							4370 BA3746	632	13.26	8%
			Pablo Piso	SARC	TJ1904		4338 BA3348	5,245	20.06	8%
		Desquinche	Pablo	BF	TJ1904		4338 BA3341DSQ	835	5.40	30%
				SARC	TJ1905		4386 BA3846DSQ	584	9.37	30%
		Total Pablo						62,960	11.09	16%
Total TJ								69,871	10.36	19%
AV	Pablo	Crucero	Pablo	SARC	TJ1905		4386 CX3863	1,300	6.92	25%
							4386 CX3862	1,753	7.09	25%
							4370 CX3741	547	9.58	25%
							4386 CX3837	1,058	15.38	25%
							4386 CX3842	489	9.31	25%
							4370 CX3742	468	6.30	25%
		Gal. Sub	Andres	BF	SN1929SW		4338 SN1929SW	538	2.17	34%
			Pablo	CRSM_B	GL4402NE		4402 GL4402NE	503	2.78	107%
			Pablo Piso	BF	SN4281NE		4280 SN4281NE	3,455	2.25	61%
					SN4281SW		4280 SN4281SW	1,905	6.26	29%
			Yurika Piso	CRC_B	GL2045NE		4386 GL2045NE	378	0.86	119%
		Total Pablo						12,394	6.24	39%
		Total Ranichico						566	0.96	169%
Total AV								12,960	6.12	42%
Total general								82,831	9.77	22%

NOTA: En las diferentes labores de la unidad operativa GRAN INMACULADA, se usa emulsion encartuchado de 1000, 3000 y 5000, dependiendo de la labor



COMPAÑÍA MINERA ARE S.A.C.
ACUMULACIÓN PALLANCATA
ÁREA PLANEAMIENTO

DESARROLLO	181	190
INF.RECURSO	323	249
INF.OPERAC	408	484
RAISE CLIMBER	120	55
Total	1,694	1,570

PROGRAMA DE AVANCES SETIEMBRE 2018							
FASE	ZONA	VETA	NIVEL	EJECUTOR	LABOR	SECCIÓN	TOTAL
Desarrollo	PABLO	PABLO	4402	IESA	GL4402NE	2.40 x 2.70	35.00
Desarrollo	PABLO	PABLO TECHO	4296	IESA	GL1902SW	3.50 x 3.50	40.00
Desarrollo	PABLO	PABLO	4354	IESA	GL4354SW	4.00 x 4.00	30.00
Total Desarrollo							105.00
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4402	IESA	BP4402SW	4.00 x 4.00	30.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4402	IESA	BP4402NE	4.00 x 4.00	40.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4402	IESA	CA1981SW	4.00 x 4.00	12.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4386	IESA	BP4386NE	4.00 x 4.00	20.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4386	IESA	VE4390SW	4.00 x 4.00	20.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4386	IESA	VE4386NE	4.00 x 4.00	15.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4354	IESA	CA1959SW	4.00 x 4.00	8.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4354	IESA	CA1590SE	4.00 x 4.00	15.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4354	IESA	CA1596NW	4.00 x 4.00	5.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4370	IESA	BP4370SW	4.00 x 4.00	20.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4370	IESA	VE4373SW	4.00 x 4.00	5.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4370	IESA	CA1964SW	4.00 x 4.00	20.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4338	IESA	BP4338SW	4.00 x 4.00	40.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4338	IESA	RF4306	2.50 x 2.10	1.5
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4338	IESA	CA1956SW	4.00 x 4.00	20.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4322	IESA	BP4322SW	4.00 x 4.00	40.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4322	IESA	RF4328S	4.00 x 4.00	1.5
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4322	IESA	CA1954SW	4.00 x 4.00	20.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4306	IESA	CA1980NE	4.00 x 4.00	4.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4306	IESA	CA1581NE	6.00 x 4.50	30.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4306	IESA	BP1979SW	4.50 x 4.50	50.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4306	IESA	CA1975NE	4.50 x 4.50	13.8
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4264	IESA	CA1602NE	3.50 x 3.50	11.0
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4280	IESA	CH4306	2.4 X 2.10	12.0
Total Infraestructura Operación							453.8
Infraestructura Operación	PABLO	PABLO	4370	IESA	Camara de carguo CH-RC-04	2.80 x 2.80	c
Raise Climber	PABLO	PABLO	4370	SEPROCAL	CH-RC-04	2.80 x 2.80	c
Total Raise Climber y Borer							0.0
Infraestructura de Desarrollo	PABLO	PABLO	4248	IESA	RP1910	4.50 x 4.50	80.0
Infraestructura de Desarrollo	PABLO	PABLO	4264	IESA	CA1987SW	4.00 x 4.00	10.0
Infraestructura de Desarrollo	PABLO	PABLO	4264	IESA	CX1982SE	4.50x 4.50	50.0
Infraestructura de Desarrollo	PABLO	PABLO	4402	IESA	RP(+)-1930	4.50x 4.50	50.0
Total Infraestructura de Desarrollo							190.0
Preparación Capex	PABLO	PABLO	4280	IESA	SN4280NE	4.00 x 4.00	50.0
Preparación Capex	PABLO	PABLO	4280	IESA	RF4281N	2.50 x 2.10	1.5
Preparación Capex	PABLO	PABLO	4280	IESA	SN4280SW	4.00 x 4.00	50.0
Preparación Capex	PABLO	PABLO	4280	IESA	RF4282S	2.50 x 2.10	1.5
Preparación Capex	PABLO	PABLO PISO	4280	IESA	SN4281NE	4.00 x 4.00	45.0
Preparación Capex	PABLO	PABLO PISO	4280	IESA	RF4282 N	2.50 x 2.10	1.5
Preparación Capex	PABLO	PABLO PISO	4280	IESA	SN4281SW	4.00 x 4.00	45.0
Preparación Capex	PABLO	PABLO PISO	4280	IESA	RF4283N	2.50 x 2.10	1.5
Preparación Capex	PABLO	PABLO	4296	IESA	SN4296NE	4.00 x 4.00	40.0
Preparación Capex	PABLO	PABLO	4296	IESA	RF4294 N	2.50 x 2.10	1.5
Preparación Capex	PABLO	PABLO PISO	4296	IESA	SN4297NE	4.00 x 4.00	25.0
Preparación Capex	PABLO	PABLO PISO	4296	IESA	RF4295 N	2.50 x 2.10	1.5
Total Preparación Capex							264.0
Preparación Opex	PABLO	ANDRES	4322	IESA	SN1929SW	4.00 x 4.00	10.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4338	IESA	CX3337	5.00 x 4.00	18.8
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4370	IESA	CX3737	5.00 x 4.00	29.3
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4381	IESA	CX3837	5.00 x 4.00	21.2
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4386	IESA	CX3842	5.00 x 4.00	9.8
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4370	IESA	CX3742	5.00 x 4.00	14.3
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4370	IESA	CX3741	5.00 x 4.00	10.9
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4354	IESA	CX3541	5.00 x 4.00	5.9
Preparación Opex	PABLO	RAMAL PABLO	4386	IESA	SN4387SW	3.50 x 3.50	15.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4354	IESA	CH1904	3.50 x 1.50	20.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4354	IESA	CH1906	3.50 x 1.50	20.0
Preparación Opex	RANICHICO	LUISA	4410	IESA	CH1863	3.00 x 1.50	10.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4354	IESA	CX3536	5.00 x 4.00	18.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4386	IESA	CX3841	5.00 x 4.00	16.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4386	IESA	CX3848	5.00 x 4.00	5.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4370	IESA	CX3751	5.00 x 4.00	8.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4306	IESA	CX3038	5.00 x 4.00	14.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	3338	IESA	CX3338	5.00 x 4.00	18.8
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4322	IESA	CX3240	5.00 x 4.00	7.0
Preparación Opex	PABLO	PABLO	4322	IESA	CX3238	5.00 x 4.00	22.0
Total Preparación Opex							294.0
TOTAL GENERAL							1306.77

NOTA:

En las diferentes labores de la unidad operativa GRAN INMACULADA, se usa emulsion encartuchado de 1000, 3000 y 5000, dependiendo de la labor

ANEXO 11

U.O. PALLANCATA			TOTAL
Presupuesto Higiene Industrial monitoreo de agentes 2018			Ppto 2018
13PA-HI19	HIGIENE		250,700
	Monitoreos		250,700
	13PA-19-HI01	Compra de Accesorios menores	49,665
		30 sensores de Oxigenos	5,610
		30 sensores de CO	9,345
		10 Baterias de larga duraci3n para equipos Ventis	2,400
		80 sujetador para equipos Ventis	1,200
		04 Cargadores de equipos ventis	2,140
		Filtros para detectores de gases Ventis (48)	1,200
		3 Balones de gases para calibraci3n de CO, O2, LEL (625L) en Cumplimiento al art° 132 y 246 del DS-024-2016-	2,790
		4 Balones de gases para calibraci3n de NO2 (116L) en Cumplimiento al art° 132 y 246 del DS-024-2016-EM	3,228
		2 Regulador de Libre Demanda, 552L 590 CGA w/Gas 200 PSI Pressure Switch	1,200
		5 Port gas regulator manifold	840
		1 Balon de gas para calibraci3n de CO2 en Cumplimiento al art° 132 y 246 del DS-024-2016-EM	1,300
		1 Balon de gas para calibraci3n de Zero en Cumplimiento al art° 132 y 246 del DS-024-2016-EM	900
		Filtros (37) y sonda (01) para Analizador de Gases de Combust3n	1,500
		Sensores de CO y NO2 para equipo MSI EM200-E	3,060
		Filtros para protecci3n de humedad y polvo, para ser usados en los equipo MSI EM200-E	912
		Accesorios de Calibraci3n de Monitoreo Gases Ventis para interior mina DSX2 IDS	5,500
		Accesorios de EPAM 5000 y HD 1004	900
		Kits de prueba de Ajuste de respirador Cualitativo 3M	1,240
		04 Cajas de filtros de 37 mm- PVC PRE- Pesado (100 unidades)	1,600
		Kit de accesorios para Monitoreo de Ruido - probetas en cumplimiento del art° 102, 103 Y 325 DEL DS-024-2016-	2,500
		Pilas y baterias recargables para los equipos de monitoreo	300
	13PA-19-HI02	Monitoreo y Análisis de Laboratorio Perú - Higiene Industria	17,707
		06 Muestras Biológicas en vestuarios, SSHH y habitaciones en Cumplimiento al art° 112 del DS-024-2016-EM pa	510
		06 Muestras Biológicas de alimentos Cumplimiento al art° 112 del DS-024-2016-EM para Selene	1,020
		09 Muestras Biológicas en vestuarios, SSHH y habitaciones en Cumplimiento al art° 112 del DS-024-2016-EM pa	765
		09 Muestras Biológicas de alimentos Cumplimiento al art° 112 del DS-024-2016-EM para Pallancata	1,530
		15 Filtros -Silice Libre Cristalino en Cumplimiento al art° 57, 101, 110 del DS-024-2016-EM para Selene	2,550
		16 Filtros -Silice Libre Cristalino en Cumplimiento al art° 57, 101, 110 del DS-024-2016-EM para Pallancata	2,720
		02 Filtros de Gases Acidos en Cumplimiento al art° 57 y 110 del DS-024-2016-EM para Laboratorio Químico de	462
		10 Filtros de Hollin (Opacidad de Equipos moviles) en Cumplimiento al art° 57 y 110 del DS-024-2016-EM para	1,100
		07 Filtros -Humos de Soldadura en Cumplimiento al art° 84 del DS-024-2016-EM Pallancata y Selene	1,120
		06 Filtros - Particulas Metálicas en Cumplimiento al art° 57 y 110 del DS-024-2016-EM Pallancata y Selene	960
		08 Muestras de dosimetria de Asbesto en cumplimiento al art° 01 del DS N° 028-2014-SA Pallancata- Selene	2,940
		16 Monitoreo de Radiaci3n Solar en Cumplimiento al art° 108 del DS-024-2016-EM para Pallancata	192
		08 Monitoreo de Radiaci3n Solar en Cumplimiento al art° 108 del DS-024-2016-EM para Selene	156
		08 Muestras de vapor de plomo para laboratorio Químico de SELENE en cumplimiento al DS-024-2016-EM	1,372
		10 puntos de Radiacion No Ionizante en Sub estaciones Eletrica Selene y Pallancata	310
	13PA-19-HI03	Actualizacion de Linea Base Higiene Industrial	28,124
		Servicio de dosimetria Particulas respirables e Inhalables Planta Selene y mina	5,800
		Elaboracion de la Matriz de Riesgos ergonomia en Interior mina	7,560
		Servicio de monitoreo de vibracion cuerpo entero	3,564
		Evaluacion de dosimetria de ruido en planta concentradora y interior mina	7,200
		Evaluacion de Estrés térmico por calor y frío en planta concentradora e interior mina	1,000
		Diseño del mapa de ruido de interior mina y planta (sonometria con banda de Octavas)	3,000
	13PA-19-HI04	Calibraci3n de equipos de monitoreo	50,671
		Calibracion de detectores de gases Ventis MX4 (254)	27,940
		Calibraci3n de los detectores multigases espacios confinados (11 IBRID MX6, 2 MSA + GasBadge H2)	2,581
		Calibraci3n de los analizador de gases de combusti3n de los equipo (04 MSI EM200-E)	2,560
		Calibracion de equipos de Polvo de Higiene (EPAM, BOMBAS, HD1004, PORTACOUN) Pallancata - Selene	5,540
		Calibracion de Opacimetro	450
		Calibracion de equipos de Ruido (Dosímetros, Sonometro y EarFIT)	5,780
		Calibracion de equipo de Iluminaci3n y multiparametro de Higiene Pallancata - Selene	790
		Calibracion de equipo de Temperatura de Higiene	240
		Calibracion de equipo Anemometros de Higiene	1,750
		Calibracion de equipo Estrés Térmico de Higiene	720
		Calibracion de equipos radiaci3n UV Higiene	120
		Calibracion de equipos de monitoreo Vibraci3n de Higiene	2,200
	13PA-19-HI05	Implementaciones y mejoras	2,400
		Impresi3n para reportes de formatos de monitoreo de gases en Interior mina	1,000
		Avisos, Banners, letreros, folletos de capacitaci3n, estickers, accesorio de Ergonomia de escritorio,.	1,400
	13PA-19-HI06	Fiscalizaciones	1,140
		Fiscaliz. Especiales (Osinergrmin etc.) Higiene	140
		Logística Fiscalizadores	1,000
	13PA-19-HI07	370 Detectores monogases de CO Drager	96,648
		Alquiler de 370 monogases	77,077
		Botellas de CO para Monogases	7,500
		Botellas de O2 para monogases	7,416
		Repuestos y accesorios (filtros, pilas, carcasas, clips y Kitpac)	4,656
	13PA-19-HI08	Equipos Menores Ventilaci3n	4,345
		Kit Completo de Tubos comprobador de corriente de aire para labores criticas	2,880
		01 Sondas Telescopicas 9545	1,465

BIBLIOGRAFIA

- [1] Zitron. Ventilación de Minas.. Gijón - España: Zitron, 2010
- [2] T. Mallqui. *Proyecto de Optimización del Sistema de Ventilación*. Tesis. UNCP. Huancayo. Perú,1980.
- [3] H. Ramírez. *Ventilación de Minas. Módulo de Capacitación Técnico Ambiental*. Chaparra, 2005.
- [4] T. Mallqui, *Ventilación de Minas*. Tesis. UNCP. Huancayo-Perú,1982.
- [5] I. De la Cuadra. *Curso de Laboreo Minero*. Madrid – España: Universidad Politécnica de Madrid, 2009.
- [6] E. Vargas. *Ventilación de Minas Subterráneas*. Chile. 2015 [Online] Available: [http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterranas\(ErickVargasSernageomin\).pdf](http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterranas(ErickVargasSernageomin).pdf).
- [7] M. Estruch. *Topografía para Minería Subterránea*. Barcelona: Ediciones UPC, 2002
- [8] P. Jiménez. *Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles*. Perú: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2011.
- [9] A. Novitzky. *Ventilación de minas*. Buenos Aires- Argentina, 1962
- [10] SuperredTV (2018, May 10). *Densidad del aire (2nd ed.)*. [Online]. Available: <http://fullmecanica.com/definiciones/d/285-densidad-del-aire>
- [11] A. García. *El peso del aire. Volumen 13 de Narrativa del Acantilado*. Estados Unidos: Universidad de Michigan, 2001.
- [12] S. Tornimbeni, E. Perez y F. Olaz. *Introducción a la Psicometría*. Primera Edición. Buenos Aires: Paidós, 2008.
- [13] E. Hernández. *Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración*. México: Limusa Noriega Editores, 2009.
- [14] F. Avadia. *Manual de Túneles y Obras Subterráneas*. Perú: U.D. Proyectos, 2011
- [15] S. Andrade. *Guía Metodológica de Seguridad para Ventilación de Minas*. Santiago de Chile. Sernageomin, 2002.
- [16] D. Alvear. *Estudio de la Influencia de los Sistemas de Ventilación en las Solicitaciones Térmicas en Caso de Incendio de un Túnel Ferroviario*. España: GIDAI, 2005.
- [17] S. Escoda. *Manual práctico de ventilación*. 2º Edición. Barcelona: Editorial E salvador Edcosa S.A., 2012.
- [18] P. Jiménez. *Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles Práctica Aplicada y Avanzada en Minera Clásica y Minería por Trackless*. Perú: Instituto de ingenieros de minas del Perú, 2011.
- [19] S. Bertolio. *Manual del Minero y del Buscador de Minas*. Madrid: Maxtor, 2012
- [20] Ministerio de Industria y Energía. *Reglamento General de Normas Básicas de*

- Seguridad Minera(SMI)*. España: Editorial LITEAM, 2003.
- [21] E. Córdova y F. Calizaya. *Estimación de Requerimientos de Aire en minas que utilizan Métodos de Open Stopping*". University of Utah, Dept. of Mining Engineering. USA. Pp 583- 584. 2012
 - [22] E. McPherson and R. Rowntree. *Energy Conservation Potential of Urban Tree Planting. Journal of Arboriculture*, pp. 19, 321-331, 1993.
 - [23] H. Hartman and J. Mutmanský. *Mine Ventilation and Air Conditioning. English Edition*. Estados Unidos: Editorial Wiley Interscience, 2012
 - [24] P. Floria. *Gestión de la Higiene Industrial en la Empresa*. Séptima Edición. Madrid: FC Editorial, 2007
 - [25] H. Soto. *Riesgos y Peligros: exploraciones geológicas para la minería en gran altura geográfica*. Estados Unidos: Editorial Palibro, 2010.
 - [26] S. de las Heras. *Fluidos, Bombas e Instalaciones Hidráulicas*. Barcelona: Service Point, 2001
 - [27] A. García y X. Alabern. *Instalaciones Eléctricas de acuerdo con el REBT del RD 842/20002*. Barcelona: Editorial UOC, 2005.
 - [28] L. Ramos y S. Benito. *Fundamentos de la Ventilación mecánica*. Primera Edición. España: Marge Medica Books, 2012.
 - [29] F. Calisaya. *Ventilación en Altura: Un Enfoque Practico a la Realidad de la Minera de Bolivia.*" Bolivia; Puig 1980.
 - [30] H. Hartman. *Mine Ventilation and air conditioning*. New York: Krieger Publishing Company, 1991.
 - [31] Instituto Tecnológico GeoMinero de España. *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*. Madrid: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 1991.
 - [32] Itaca. *Riesgos Químicos Y Biológicos Ambientales*. Primera edición. Barcelona: Ediciones Ceac, 2006.
 - [33] D. Simioni. *Contaminación Atmosférica y Conciencia Ciudadana*. Primera edición. Estados unidos: CEPAL, 2003.
 - [34] E. Muñoz. *Et al, Ingeniería del Medio Ambiente*. Primera Edición. Madrid: UNED Editorial, 2018.
 - [35] M. Grau y M. Grau. *Riesgos Ambientales en la Industria*, Primera Edición. Madrid: UNED Editorial, 2010.
 - [36] Capote et al. *Agentes físicos*. La Habana: Editorial ciencias médicas, 2009.
 - [37] R. Cherry. *Radiaciones ionizantes y temperatura: riesgos generales*. España: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, 1987.
 - [38] M. Cameron. *Agentes Físicos en Rehabilitación de la Investigación a la Práctica*. Cuarta Edición. España: Editorial Elsevier, 2009.
 - [39] R. Díaz. *Guía Práctica para la Prevención de Riesgos Laborales*. Quinta edición. España: Lex Nova, 2007.
 - [40] Norma. *Ventilación y Control de Polvos en las Explotaciones Mineras*. Texas México: Ministerio de Minas y Energía, Dirección General de Minas, 2007.
 - [41] E. Souza. *Fracciones Inhalable, Torácica y Respirable*. CNNT, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2011.
 - [42] A. Gastañaga y A. Yataco. *Control de Contaminante Polvo en Minas y Plantas Concentradoras*. Lima-Perú: MINSA, 1963.
 - [43] A. Twomey. *The influence of pollution on the shortwave albedo of clouds*. Journal of The Atmospheric Sciencies. Vol. n°141, pp 1149-1154. Julio 1977.
 - [44] M. Estruch. *Topografía para Minería Subterránea*. Primera Edición. Barcelona: Ediciones UPC, 2002.
 - [45] Y. Camargo, D. Henao y A. Vélez. *Emisiones Atmosféricas de Origen Biológico*. Primera edición. Santa Marta- Colombia: Editorial Unimagdalena, 2011.
 - [46] J. Paz. *La Contaminación Ambiental y sus Problemas*. Madrid: Real Academia Nacional de Medicina, 1971.

- [47] C. Pérez. *Protección de los trabajadores contra los Riesgos Relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos Durante el Trabajo*. Primera Edición. Pamplona - España: Onda industria Gráfica, 2004.
- [48] J. Aguilar. *Et al. Riesgo Químico: Sistemática para la Evaluación Higiénica*. Madrid: Servicios de Ediciones y Publicaciones – INSHT, 2010.
- [49] J. Rubio. *Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales*. Primera edición. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A, 2004.
- [50] C. Ray. *Seguridad Industrial y Salud*. México: Pearson, 2000.
- [51] J. Cortez. *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales: Seguridad e Higiene del Trabajo*. Novena edición. Madrid: Editorial Tebar S.L., 2007.
- [52] Organización Mundial de la Salud OMS, (2015, marzo 23). *La Minería: Un trabajo Peligroso*. [Online] Available: https://www.ilo.org/safework/areasofwork/hazardous-work/WCMS_356574/lang--es/index.htm.
- [53] Constitución Política del Perú. *Derechos Fundamentales de la Persona*, 1993.
- [54] Congreso de la Republica. *Ley General de Salud N° 26842*, 1997.
- [55] Código Civil Décimo Sexta Edición Oficial. Perú: Dosmasuno S.A.C, 2015.
- [56] Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, *Decreto Legislativo N° 635 Código Penal*. Décimo Segunda Edición Oficial. Perú: Dosmasuno S.A.C, 2016.
- [57] *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo Ley N° 29783*. Perú. 2016.
- [58] *Decreto Supremo N° 005-2012-TR y Salud en el Trabajo y su modificatoria, D.S. N° 006 – 2014 – TR.*, Perú.
- [59] Reglamento de Prevención y Control del Cáncer Profesional D.S N° 039-93-PCM, Perú 1993.
- [60] Perú. Ministerio de Energía y Minas, “*Normatividad Legal del Sector Energía y Minas*” Perú: Ministerio de Energía y Minas 2000, 2017.
- [61] *Decreto Supremo N° 024-2016-EM y modificatoria, Decreto Supremo N° 023 – 2017 – EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*.
- [62] *Decreto Supremo N° 024-2016-EM y modificatoria, Decreto Supremo N° 023 – 2017 – EM*. ANEXO 38, Perú
- [63] D. Castillo. “Evaluación del Sistema de Ventilación de la Mina el Roble”. Tesis. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Boyacá. Colombia, 2017.
- [64] C. Gutiérrez. “Recirculación Controlada en Minería Subterránea”. Tesis Universidad de Chile. Santiago de Chile. Chile, 2010.
- [65] A. Chávez. “Optimización automatizada del Diseño de un Ventilador de Flujo tubo-axial mediante Algoritmos Evolutivos” Tesis. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2009.
- [66] C. Carbajal. “Diseño del Circuito de Ventilación de la Zona Norte de la Mina Cabo de Hornos, Ubicada En El Distrito Aurífero – Polimetálico Portovelo-Zaruma”. Tesis. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador, 2015.
- [67] L. Lanazca. “Implementación del Sistema de Ventilación del Sistema de Ventilación para controlar la Polución en túneles del Área 220 de la planta del CAL-CDC, Proyecto Pachachaca”. Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú, 2015.
- [68] V. Ibañez. “Diseño del Sistema de Ventilación en el NV 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir- MILPO”. Tesis. Huancayo: Universidad Continental, 2018.
- [69] A. Zarate. “Influencia de la Ventilación Natural y Mecánica en el Diseño del Sistema de Ventilación de las Galerías del Nivel 1950 Mina Calpa-Arequipa” Tesis. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú, 2012.
- [70] F. Hidalgo. “Ventilación de Minas Catuva, Hada y Esperanza CIA. Minera Raura S.A. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, 1991.
- [71] O. Pierola. “Evaluación Integral Del Sistema De Ventilación, Modelamiento y Diseño Mediante el Uso Del Software Ventsim Visual Avanzado En La U. M. Animon Cía. Minera Chung”. Tesis. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa-

- Perú, 2015.
- [72] W. Niño. y F. Custodio. “Influencia de la Ventilación Forzada en el Dimensionamiento del Sistema de Ventilación de la Mina Limpe Centro-Unidad Minera Iscaycruz· Provincia De Oyon-Lima”. Tesis. Universidad Nacional del Santa, Lima. Perú, 2015.
 - [73] O. Choque. “Optimización del Sistema de Ventilación para el Proyecto Cortada 3800 – Quenamari, U.M. San Rafael – Minsur”. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú, 2016.
 - [74] N. Moreno. “Modelo de un Programa de Seguridad e Higiene para la Minería Subterránea del Carbón En Colombia”. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú, 2011.
 - [75] A. Campillos. “Optimización y Modelización del Circuito de Ventilación de una Mina Subterránea”. Tesis. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía. Madrid. España, 2015.
 - [76] C. Guillen. “Optimización del Sistema de Ventilación aplicando Tecnologías Informáticas Minera HEMCO. Nicaragua”. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú, 2016.
 - [77] E. García. “Evaluación de la Situación actual del Sistema de Ventilación y Propuesta para su Optimización en Mina Subterránea Carbonífera Mi Grimaldina I – Cajamarca”. Tesis. Universidad Privada del Norte. La Libertad. Perú, 2016.
 - [78] P. Quinteros. “Evaluación de la Ventilación en una Mina Convencional”. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú, 1992.
 - [79] E. Aponte. “Modificación e Implementación del Sistema de Ventilación de la Unidad Minera Cobriza Zona Norte (Área Coris)”. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú, 2014.
 - [80] M. Torres. “Diseño de un Sistema de Ventilación para Estacionamiento Subterráneo de Tres Niveles”. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú, 2014.
 - [81] V. Vergaray. “Optimización del Sistema de Ventilación de la Mina Charito, Compañía Minera Poderosa S.A.”. Tesis. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú, 2017
 - [82] R. Portilla y B. Velarde. “Propuesta Técnica de Mejora del Sistema de Ventilación Principal de una Operación Minera Subterránea Polimetálica-2015”. Tesis. Lima. Perú, 2018.
 - [83] G. Chambergó. “Propuesta de un Sistema de Ventilación, Aplicando Tecnologías de Información y Manejo de Escenarios Técnico Económico en la Unidad Productiva San Cristóbal, de Minera Bateas SAC”. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú, 2013.
 - [84] O. Ponciano. “Estudio de Ventilación del Proyecto de Explotación Minera Invicta, Huaura”. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú. 2016.
 - [85] I. Guevara y W. Villanueva “Evaluación y Propuesta del Sistema de Ventilación en el Sub Nivel 058 en Minera Troy S.A.C. – Cajamarca 2018”. Tesis. Universidad Privada del Norte. Cajamarca-Perú, 2018.
 - [86] A. Martínez. “Automatización de un Ventilador de 250 HP para la reducción de consumo de energía en la Compañía Minera Chungar S.A.C.” Tesis. Huancayo. Universidad Continental, 2018.
 - [87] V. Rodríguez. “Diseño del Sistema de Control para la Ventilación de una mina Subterránea usando un Controlador AC800M”. Tesis. Lima-Perú. Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.
 - [88] Y. Llano. “Estudio de Ventilación e Implementación de Mejoras en el Circuito de Ventilación de Minera Sotrami S.A. – UEA Santa Filomena – Aplicando el Software Ventsim”. Tesis. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa. Perú, 2017.
 - [89] Arias. F. El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica. Caracas: Episteme, 2012.

- [90] Bernal. C. Metodología de la Investigación para Administración y Economía. Colombia: Pearson, 2000.
- [91] Arias. F. El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica. Caracas: Episteme, 2012.
- [92] Bernal. C. Metodología de la Investigación para Administración y Economía. Colombia: Pearson, 2000.